359в1
698

НАРОДНЫЙ КОМИССАРИАТ
ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА СССР

РАССЕКРЕЧЕНО
Директива Главного Штаба ВМФ
от 21 июля 1989 г. № 732/6/198
Начальник секретной части

Экз. № 14

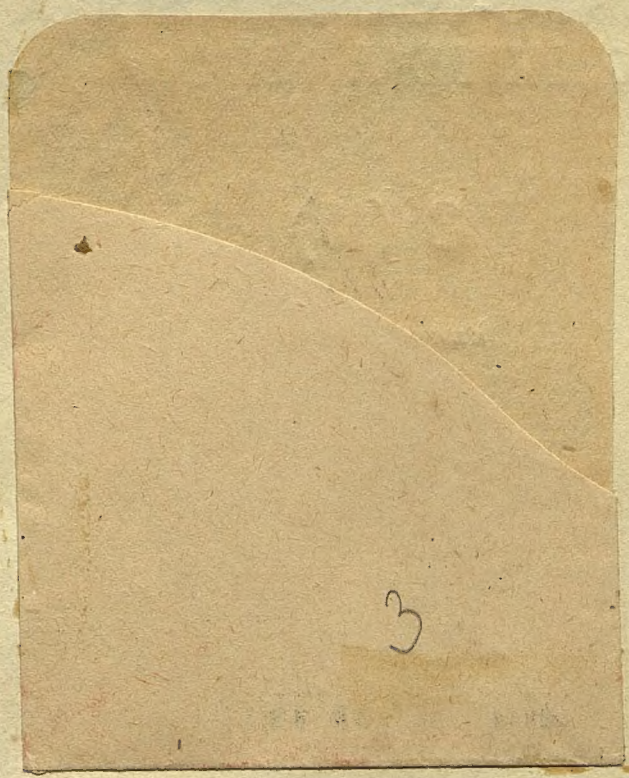
БЮЛЛЕТЕНЬ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА НКВМФ

3 (13)

КНИГА ВТОРАЯ

Инв. № 7078

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА НКВМФ
ЛЕНИНГРАД, 1943


3

Проверено. 1980 год

359.81
Б98

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ НКВМФ

Экз. № 14

Проверено | 2015

БЮЛЛЕТЕНЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА НКВМФ

15301/4

3 (13)

КНИГА ВТОРАЯ

Инв. № 70780
Фундаментальная научная библиотека ГШ ВМФ

ФИЛИАЛ Центральной ВМБ

78

Инв. № 17358
Фундаментальная научная библиотека ГШ ВМФ

Библиотека УБП ВМС
ИНВ. № 1664с
19 50 г.

СЕКРЕТНО
1664с 1664с
13.4.43

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА НКВМФ
ЛЕНИНГРАД • 1943

Фундаментальная Военно-научная библиотека ГШ ВМФ

Инв. № 2583с
Дата 6.III.44

Публикуемый материал просмотрен и разрешен к печати Начальником Управления Кораблестроения ВМФ инженер-контр-адмиралом *Н. В. Исаченковым.*

Ответственный редактор
инженер-контр-адмирал А. А. ЯКИМОВ

Подп. к печ. 19.01.1944 г. Печ. л. 5⅜ + 5 вклеек Уч.-авт. л. 7,5 ВЦ КБФ 138.
2-я типо-лит. УВМИ. Заказ 8162.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

И. А. ВЕРЕБРЮСОВ. О некоторых новых тактических элементах подводных лодок 5

М. А. РУДНИЦКИЙ. О мореходных качествах подводных лодок 9

А. М. ХВАТОВКЕР. Стабилизатор подводных лодок с гибкой обратной связью 18

А. И. ДУБРАВИН. Съемные горизонтальные рули для подводных лодок и опыт их применения 27

М. М. ЧЕТВЕРТАКОВ. Элементарная оценка запаса воздуха высокого давления на подводных лодках как резерва регенерационных средств 30

М. М. ЧЕТВЕРТАКОВ. Причины взрыва водорода на подводной лодке М-34 39

От редакции 47

С. В. ЕВГЕНЬЕВ. Некоторые итоги беспроводного размагничивания подводных лодок в 1941—1942 гг. 48

О. Ф. ЯКОБ. Спуск подводной лодки „М-90“ 63

В. М. ОРЕШНИКОВ и *И. И. КЛЮКИН.* Оценка качества амортизации вспомогательных механизмов подводных лодок 82

О НЕКОТОРЫХ НОВЫХ ТАКТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК, ОБОРУДОВАННЫХ СТАБИЛИЗАТОРОМ „СПРУТ“

И. А. ВЕРЕБРЮСОВ
инженер-майор
лауреат Сталинской премии

Подводная лодка в подводном положении представляет, как известно, почти уравновешенное тело и может удерживаться на заданной глубине под действием горизонтальных рулей или поддержанием нулевой плавучести для данной глубины погружения.

При удержании подводной лодки на заданной глубине при помощи горизонтальных рулей обязательным условием является наличие хода. Шум работающего гребного винта прослушивается очень хорошо. Современная гидроакустическая аппаратура позволяет обнаружить его достаточно далеко. Однако эффективное прослушивание посторонних шумов требует отсутствия шумов собственного корабля.

Для таких районов, глубина которых больше предельной глубины погружения подводной лодки и она не имеет возможности лечь на грунт, — кроме требования бесшумности, выдвигается еще новое требование — требование возможности удержаться на глубине без хода. В противном случае возникает необходимость увеличивать емкость аккумуляторных батарей для более длительного пребывания в подводном положении. Увеличение емкости аккумуляторных батарей может быть выполнено только за счет увеличения объема аккумуляторной батареи, что на построенных лодках сделать невозможно.

Однако увеличение времени пребывания подводной лодки в подводном положении может быть получено за счет уменьшения расхода энергии аккумуляторной батареи на движение подводной лодки в подводном положении или за счет создания специального двигателя, который мог бы работать в подводном положении.

Оставляя в стороне вопросы увеличения времени непрерывного пребывания подводной лодки под водой за счет создания специального двигателя, способного работать в подводном положении при той же установленной аккумуляторной батарее, в настоящей статье мы остановимся на способах увеличения времени пребывания подводной лодки в подводном положении за счет придания ей способности находиться в подводном положении без хода и тем самым уменьшить расход энергии аккумуляторной батареи.

Вопрос о возможности удержания подводной лодки в подводном положении без хода давно стоял на повестке дня. Некоторые из решений были неудовлетворительны только потому, что, решая задачу удер-

жания подводной лодки в подводном положении без хода, не решали задачи бесшумности. К числу таких решений относится, например, удержание подводной лодки на глубине без хода при помощи геликоптерного винта. В конце 1938 г. УК ВМФ поставило перед Ленинградским филиалом Научно-исследовательского института № 20 НКАП (позднее НИИ-49 НКСП, а позднее НИИ-10 НКСП) задачу создания аппаратуры для удержания подводной лодки в подводном положении без хода.

Эта задача была решена теоретически в 1939 г. и в конце 1940 г. была доведена до опытных образцов. Опытные образцы аппаратуры испытывались в первой половине 1941 г.

Идея стабилизатора подводной лодки состоит в том, чтобы автоматически удерживать лодку на заданной глубине без хода путем периодического изменения ее пловучести, вызывающего затухающие колебания лодки по глубине.

Достигается это тем, что после приведения удиферентованной подводной лодки на заданную глубину включается чувствительный элемент, который, под влиянием забортного давления управляет приемом или отливом воды из систерны с помощью постоянно работающего насоса.

Действие стабилизатора после его включения в работу происходит автоматически и требует во время работы только общего наблюдения.

Использование стабилизатора дает следующие преимущества:

I. Обеспечивает максимальную скрытность подводной лодки вследствие:

а) отсутствия шума работающего гребного винта;

б) отсутствия буруна около перископа.

Насос или насосы, используемые для стабилизатора, устанавливаются на амортизаторах, а в трубопровод, присоединяемый к ним, врезаются резиновые патрубки, благодаря чему шум от работы насоса совершенно не передается на корпус, а следовательно, и наружу. Как показало выслушивание работающего стабилизатора, шум его не слышен на расстоянии 2,0 — 2,5 кабельтовых и не мешает работе акустика, находящегося на той же подводной лодке.

Отсутствие буруна около перископа делает визуально его очень трудно отличимым от предмета, свободно плавающего на поверхности.

II. Дает возможность находиться в пределах рабочей глубины без хода.

Этот момент чрезвычайно ценен в глубоководных районах, где глубина района превышает рабочую глубину погружения подводной лодки. Во всех случаях выхода из строя гребного электродвигателя или элементов, входящих в схему электродвижения (линия вала и т. п.), возможно удержание подводной лодки на глубине без хода, что заменяет покладку на грунт. Это важно и в тех случаях, когда по условиям обстановки (невозможность всплытия) необходимо произвести ремонт линии вала или других механизмов и устройств.

III. Позволяет сократить расход электрической энергии аккумуляторной батареи.

Так подводные лодки типа «М» требуют на самом малом ходу под электродвигателями ток 180 — 200 А, а стабилизатор требует только 25 — 30 А.

Для подводных лодок типа «Щ» это соотношение выразится соответственно цифрами 375 — 400 А и 50 — 60 А, а на больших глубинах

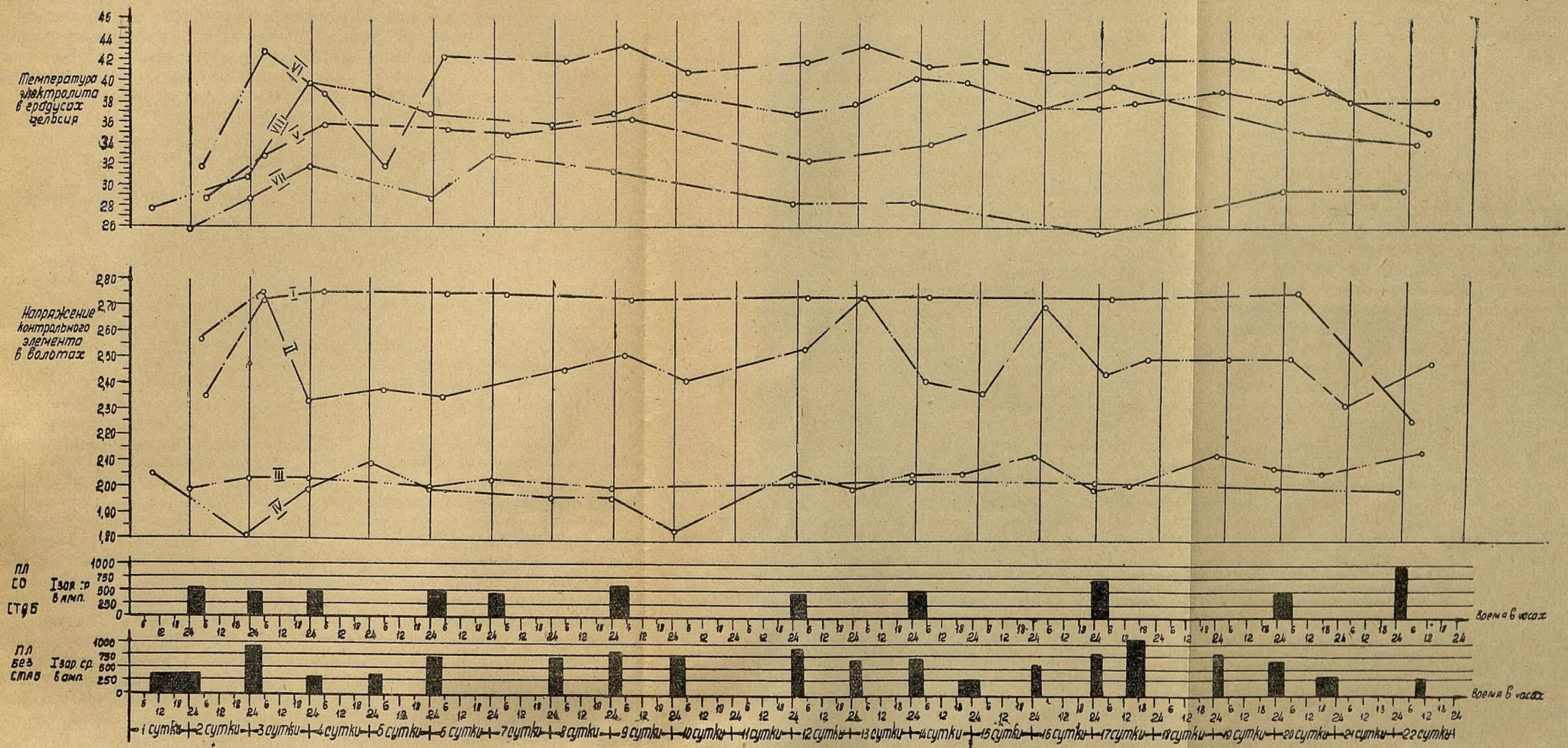


Рис. 1.

Если определить для этого случая сокращение расхода дизельного топлива, то экономия составит величину порядка 5 — 6% общего запаса. Следовательно, дальность плавания за этот счет может быть увеличена.

жания подводной лодки в подводном положении без хода, не решали

К числу таких решений относится, например,

энергии аккумулятор

Так подводные лодки типа «М» требуют на самом малом ходу под электродвигателями ток 180 — 200 А, а стабилизатор требует только 25 — 30 А.

Для подводных лодок типа «Щ» это соотношение выразится соответственно цифрами 375 — 400 А и 50 — 60 А, а на больших глубинах или при штилевой погоде возможно удержание подводной лодки на заданной глубине, после того как она поставлена под стабилизатор, только на одном насосе, и тогда величина тока, питающего аппаратуру стабилизатора, составит то же, что и для подводной лодки типа «М», т. е. 25 — 30 А.

Практическое значение для подводной лодки сокращения расхода энергии аккумуляторной батареи с помощью применения стабилизатора типа «Спрут» во время операций наглядно показывают примеры из боевого опыта подводных лодок.

Проанализируем один из характерных примеров.

В кампанию 1941 г. две подводные лодки типа «Щ» находились одновременно и почти в одном и том же районе на позиции, причем каждая из них была в данной операции по 20 суток.

На одной из этих подводных лодок работал стабилизатор типа «Спрут». На другой — стабилизатора не было.

По корабельным журналам были взяты и проанализированы данные о работе аккумуляторных батарей в течение операции.

На рис. 1 представлены кривые, характеризующие состояние аккумуляторных батарей на обеих подводных лодках.

Кривая *I* представляет конечное напряжение контрольного элемента при окончании зарядки на подводной лодке со стабилизатором.

Кривая *II* представляет конечное напряжение контрольного элемента при окончании зарядки на подводной лодке без стабилизатора.

Кривая *III* представляет конечное напряжение контрольного элемента при окончании разряда аккумуляторной батареи на подводной лодке со стабилизатором.

Кривая *IV* представляет конечное напряжение контрольного элемента при окончании разряда аккумуляторной батареи на подводной лодке без стабилизатора.

Кривая *V* представляет температуру электролита при начале разряда аккумуляторной батареи на подводной лодке со стабилизатором.

Кривая *VI* представляет температуру электролита при начале разряда аккумуляторной батареи на подводной лодке без стабилизатора.

Кривая *VII* представляет температуру электролита при начале зарядки аккумуляторной батареи на подводной лодке со стабилизатором.

Кривая *VIII* представляет температуру электролита при начале зарядки аккумуляторной батареи на подводной лодке без стабилизатора.

По оси абсцисс отложены сутки пребывания подводных лодок на позиции, а также время начала и конца зарядок для каждой подводной лодки в отдельности. Для представления о емкости, полученной аккумуляторными батареями во время зарядок, по оси ординат отложен средний ток зарядки — $I_{зар\ ср}$.

Анализируя эти кривые, можно сделать следующие выводы:

а) Подводная лодка со стабилизатором сделала на восемь зарядок меньше, чем подводная лодка без стабилизатора (на 42% сократила число зарядок).

Если определить для этого случая сокращение расхода дизельного топлива, то экономия составит величину порядка 5 — 6% общего запаса. Следовательно, дальность плавания за этот счет может быть увеличена.

б) Сокращение количества зарядок аккумуляторной батареи приводит к тому, что при несении дозорной службы на позиции подводная лодка может непрерывно находиться в районе позиции более длительное время.

Подводная лодка без стабилизатора была вынуждена заряжаться, в среднем, почти ежедневно. Следовательно, почти ежедневно ей было необходимо время для выхода на позицию и для возвращения с позиции в район зарядки. Если учесть, что на зарядку аккумуляторной батареи было необходимо около 6 час. и на время перехода из района позиции в район зарядки, допустим, 3 — 4 часа, то для нахождения в районе позиции в течение одних суток оставалось 10 — 12 час.

При наличии стабилизатора время пребывания подводной лодки на позиции, как показал опыт, составляет 10 — 12 час. первых суток и еще целые сутки, т. е. всего непрерывно 34 — 36 час.

в) Сокращение количества зарядок уменьшает количество зарядразрядных циклов и, следовательно, увеличивает срок службы аккумуляторной батареи.

г) Как показывают кривые *I* и *II*, величина конечного напряжения контрольного элемента при окончании зарядки у аккумуляторной батареи на подводной лодке со стабилизатором значительно выше. Из этого следует сделать вывод, что степень заряженности аккумуляторной батареи при наличии стабилизатора также выше, т. е. аккумуляторная батарея имеет больший запас емкости, который может быть использован в случае нужды.

д) Как показывают кривые *III* и *IV*, зарядка аккумуляторных батарей обеих подводных лодок начиналась почти при одной и той же величине конечного напряжения элемента.

е) Кривые *V*, *VI*, *VII*, *VIII* показывают, что температура электролита аккумуляторной батареи на подводной лодке со стабилизатором значительно ниже. Это, в свою очередь, заставляет сделать два вывода: во-первых, увеличивается срок службы аккумуляторной батареи, а, во-вторых, снижается газовыделение, что особенно ценно в случае, если сразу или вскоре после окончания зарядки аккумуляторная батарея вступает в работу.

ж) Диаграмма средних токов зарядки аккумуляторных батарей показывает, что зарядка аккумуляторной батареи при использовании стабилизатора может производиться более низкими токами, что также повышает срок службы батареи.

IV. Как следствие отсутствия длительной работы гребных электродвигателей, снижается количество выделяемого ими и связанными с ними электрическими установками тепла, отчего температура воздуха внутри подводной лодки в подводном положении несколько ниже. Это особенно заметно в кормовых отсеках.

Точность удержания подводной лодки на глубине, как показывают результаты испытания опытных образцов, уже установленных из числа первой серии комплектов, составляет $\pm 0{,}25 \pm 0{,}30$ *м* на перископной глубине при волне до 2 — 3 баллов и $+ 0{,}15 + 0{,}20$ на глубинах до 25 *м*. Чем больше глубина, на которой находится подводная лодка, тем выше точность ее удержания стабилизатором на глубине.

Постановлением Совета Народных Комиссаров СССР № 485 от 10 апреля 1942 г. за создание этой аппаратуры была присуждена Сталинская премия третьей степени.

О МОРЕХОДНЫХ КАЧЕСТВАХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

М. А. РУДНИЦКИЙ
инженер-капитан 2 ранга

Плавание наших подводных лодок во время Отечественной войны показало, что они, решая задачи борьбы с противником на Балтийском, Черном и Баренцовом морях, смогли успешно действовать в любых условиях погоды.

Опыт войны показал, что они обладают удовлетворительными мореходными качествами, но имеют в этом отношении ряд дефектов, затрудняющих их использование.

Мореходные качества подводных лодок характеризуются следующим:

1) плавностью поперечной качки, мерилом которой служит период и амплитуда;

2) заливаемостью палубы лодки, мостика, шахт вентиляции и подачи воздуха к дизелям;

3) ходкостью в надводном положении.

Для характеристики мореходных качеств лодок ниже приводится таблица их показателей, составленная по материалам Северного флота.

По опыту плавания, плавная качка наблюдается на подводных лодках типов «М», «Щ», «Л», и «К». На этих лодках личный состав переносит ее легко и мало утомляется в свежую погоду. Период качки на них составляет 8 — 10 сек. Начальная метацентрическая высота в надводном положении колеблется от 0,13 *м* (на подводных лодках типа «М») до 0,30 *м* (на подводных лодках типа «К»).

Вместе с тем отмечается, что на лодках типов «М», «Д» и «К» в очень сильный шторм бывали случаи кренов до 50 — 60°, вызванные резонансом колебаний лодки и волны. Эти крены сопровождались расплескиванием электролита из элементов и неприятно действовали на личный состав.

Большие крены лодок можно объяснить характером их диаграммы Рида. Последняя для лодок типа «М», хотя и имеет максимум, расположенный на ок. 80°, но имеет очень пологий характер, соответствующий их малой начальной метацентрической высоте.

Для лодок типов «Д» и «К» диаграммы Рида имеют максимум на 35 — 38° и являются типичными для всех двухкорпусных лодок. Восстанавливающий момент на больших кренах у них невелик, и при резонансе лодка задерживается на этих углах.

Расчетным путем в ЦКБ-18 была подтверждена возможность получения таких кренов для подводных лодок типа «К» в отдельных случаях резонанса. Было установлено, что запаса динамической остойчивости при этом хватает.

Таблица

показателей мореходных качеств подводных лодок СФ

Показатели	Подводные лодки типа „К“	Подводные лодки типа „С“	Подводные лодки типа „Щ“	Подводные лодки типа „М“ (XII с.)
1. Скоростные показатели на волне	1) Против волны выше 4—5 баллов можно итти со скоростью до 10 узлов 2) Полный ход 21 узел можно иметь на волне до 3—4 баллов	1) При волне свыше 4 баллов можно иметь только малый ход 2) Полный ход 19 узлов можно иметь только на волне меньше 3 баллов	1) На волне свыше 6 баллов можно иметь только малый ход 2) На волне от 3 до 6 баллов — средний ход	
2. Характеристика мореходности	Мостик заливается очень сильно при ходе против волны. Ограждение рубки по форме — хорошее. Требуется дополнительная защита кормовой части мостика и шахт	Очень сильное заливание мостика. Форма мостика — немореходна; низок. При плавании по волне мостик затапливается при 6—7 баллах	Заливание мостика очень сильное. Форма его неудачна	1) Лодка удовлетворительно держится на волне до 5—6 баллов 2) Были случаи попадания лодок в шторм 7—8 баллов с благополучным возвращением в базу 3) Заливаемость та же, что и на других лодках
3. Крены при качке	30—35°	40—45°	40—45°	На волне 4—5 баллов — 25—30°. На волне больше 5 баллов — 50—60°
4. Период качки	9 сек.	Период 4—6 сек. Характер качки хуже, чем на всех других лодках	—	—
5. Дифференты при качке	5—6°	6—7°	5—8°	На волне 4—5 баллов — 8—9°. На волне > 5 баллов — 30—32°
6. Управление над водой	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно
7. Управление под водой	Удовлетворительно	Трудно бороться с дифферентами > 12°	Удовлетворительно	Удовлетворительно
8. Диаметр циркуляции над водой под водой	Удовлетворительно —	2,0—2,2 каб. 2,3—3,0 каб.	1,5 каб. —	Удовлетворительно
9. Держание глубины под перископом	До 6 баллов	—	До 6 баллов	До 5 баллов

Кроме того нужно отметить, что лодки типа «К» кренятся до 18—20 при циркуляциях на полном надводном ходу в 22 узла и положении руля на борту.

На подводных лодках типов «С» и «Л» качка значительно стремительнее, с большой амплитудой и труднее переносится личным составом. Ее период — 5 — 7 сек. Они имеют начальную поперечную метацентрическую высоту 0,60 — 0.73 *м*. Крены порядка 50° не наблюдались. Подводные лодки «С» и «Л» — с неполным двойным корпусом. Диаграмма Рида для них имеет максимум на ок. 60°.

Из сказанного следует, что для подводных лодок типов «М», «Д» и «К» начальная метацентрическая высота мала, для «С» и «Л» велика. В дальнейшем строительстве ее желательно иметь около 0,40 *м* для всех типов лодок, в целях получения плавной качки, уменьшения кренов для случаев резонанса и при циркуляциях на больших ходах.

В отношении заливаемости наших лодок нужно указать, что все они сильно заливаются, в том числе и подводные лодки типа «Щ», наиболее мореходные из наших лодок.

Заливаемость лодок происходит следующим образом.

1. При ходе лодок против волны в штормовую погоду со скоростью выше 10 узлов они сильно зарываются носовой частью в воду и принимают большие массы воды на носовую палубу и мостик. Особенно сильно зарываются лодки, диферентованные на нос по условиям нагрузки в надводном положении. В последнем случае на ходу диферент еще увеличивается, так как лодка несет много воды в носовой надстройке и на носовой палубе.

Вода, вкатывающаяся на носовую надстройку, разбивается об орудия и мостик, заливая командира и сигнальщика, затрудняя управление кораблем и наблюдение за обстановкой на море. Кроме того вода заливается в шахты вентиляции и подачи воздуха к дизелям. Следствием этого существенно уменьшалось одно из основных маневренных качеств лодки — скорость надводного хода.

2. На ходу лодки по волне, когда скорость волны больше скорости корабля, волна вкатывается на лодку с кормы, заливая палубу и мостик.

На одной из лодок типа «С» на Балтийском море в подобном случае были смыты за борт три человека, в том числе и командир корабля. Большие массы воды при этом поступили в ЦП через рубочный люк.

В другом случае на подводной лодке «К-2» в Баренцовом море при аналогичных обстоятельствах через рубочный люк и шахту подачи воздуха к дизелям в лодку поступило около 30 *т* воды. Потерь личного состава не было.

В третьем случае — на подводной лодке типа «Щ» Северного флота был смыт за борт дивизионный штурман.

В настоящее время подобные случаи, как правило, не повторяются, так как на ходу по волне командиры выбирают скорость корабля, существенно отличную от скорости хода волны.

3. При движении лодок на других курсах по отношению к волне заливаемость резко уменьшается, так как волны перекатываются через надстройку и вода в больших количествах на мостик не попадает. Шахты вентиляции и подачи воздуха к дизелям заливаются также в меньшей степени.

Заливаемость наших подводных лодок с носа особенно сильно сказывается на длинных и быстроходных лодках типов «С», «Л» (XIII серия) и «К».

Летом 1942 г. в бассейне ЦАГИ были проведены экспериментальные исследования поведения подводных лодок типа «К» на океанской волне. Опыты проводились с моделями на искусственной волне.

Размеры и характер волн были выбраны подобными волне Баренцова моря в штормовую погоду. В качестве основной волны была выбрана волна высотой в 5 *м*, на которой проводились сравнительные испытания.

Модели были выполнены динамически подобными кораблю, причем было испытано несколько форм носовых обводов, в том числе и существующие на кораблях.

Наблюдения велись на различных скоростях модели при ее ходе против и по волне с производством замеров колебаний лодки и киносъемкой.

Опытами выявлено влияние на заливаемость подводной лодки следующих факторов:

1) длины волны,
2) скорости хода лодки относительно волны,
3) формы носовых обводов,
4) наличия носовой систерны плавучести,
5) начального диферента на корму,
6) отбойных козырьков на рубке.

Испытания показали, что увеличение длины волны увеличивает вертикальные перемещения и килевую качку лодки, что в свою очередь способствует зарыванию ее в воду. Форма носовой части лодки при этом почти не играет никакой роли.

На ходу лодки против волны с повышением скорости лодки заливание ее увеличивается. В некоторых условиях колебания лодки попадают в резонанс с колебаниями волны, и в этом случае амплитуды становятся максимально большими. Для лодок типа «К» при волне высотою 5 *м* резонанс наступает при скоростях 10 — 11 узлов.

На ходу по волне с возрастанием скорости заливание кормы и мостика уменьшается.

Опыты показали, что форма носовых обводов на высоких скоростях практически не влияет на степень заливаемости палубы и мостика. При плавании на малых скоростях при длинной волне нос с развалом дает некоторое улучшение, но все же заливание надстройки остается, так как вода вкатывается на палубу с бортов.

Точно так же при испытаниях было выявлено, что наличие систерны плавучести в носу не оказало существенного влияния на уменьшение зарывания и заливания лодки. Наоборот, размахи килевой качки даже несколько увеличились.

Начальный диферент на корму оказался весьма полезным. Заливание лодки заметно уменьшалось.

Применение отбойных козырьков показало, что они в значительной степени предохраняют мостик от заливания.

Основные выводы, сделанные ЦАГИ, ЦНИИ-45 и подтвержденные НТК НКВМФ на основании этого исследования, следующие:

1. Полное уничтожение заливания палубы лодки на ходу при существующих общих обводах — невозможно.

2. Основным средством повышения мореходности является защита от заливания мостика путем установки отбойных козырьков.

3. Необходимо рекомендовать плавающему составу плавание в свежую погоду с диферентом на корму с заполненными 2 — 3 кормовыми балластными цистернами. Следует проверить, действительно ли на скоростях 10 — 11 узлов при ходе против волны существует максимум размахов продольной качки и вертикальных колебаний. Если это оправдается, то нужно попытаться давать ход 14 — 15 узлов. В этом случае можно ожидать уменьшения заливания.

Эти выводы в основном совпадают с данными практики.

На подводных лодках типа «К» мы имеем две формы носовых обводов.

На «К-1» нос нормального лодочного образца, а на «К-3» он повышен и с довольно большим развалом. При плавании в море, по отзывам личного состава, особой разницы в заливании обеих лодок не наблюдается.

С другой стороны, значительное уширение и развал носа неизбежно приводят к некоторому ухудшению устойчивости хода лодки по глубине, вследствие того что точка приложения равнодействующей силы сопротивления передвигается от миделя корабля к носу, и силы, выводящие ее из равновесия при изменениях режима хода, увеличиваются.

Носовая цистерна плавучести, имеемая на подводных лодках типа «С», приносит известную пользу, уменьшая зарывание лодки в волну на малых ходах. Применение этой цистерны малоэффективно по причине высокого расположения шпигатов, служащих для затопления цистерны при погружении лодки, так как действие ее запаздывает по отношению к накату волны.

Бесспорным улучшением при наличии цистерны является то, что она препятствует заполнению надстройки со стороны носа и диферентованию, вследствие этого лодки на нос на надводном ходу.

Опыт плавания также показывает, что начальный дифферент лодок на корму существенно улучшает всхожесть их на волну, что способствует уменьшению заливания. Подводные лодки «С» и «К» практикуют плавание с топливом только в кормовых наружных топливных цистернах, что создает дифферент на корму и дает положительный результат.

Установка отбойных козырьков на подводных лодках «С», «Л» и «К» также показала их полезность. Следует считать, что в настоящее время еще не установлены наиболее выгодная их форма, месторасположение и размеры.

Кроме всех этих практических мероприятий, улучшающих мореходные свойства подводных лодок, на Северном флоте почти на всех лодках были установлены решетки на палубе взамен откидных листов. Волна, вкатывающаяся на палубу, частично проваливается через решетки в надстройку, и заливание мостика уменьшается, так как сила волны, пока она дойдет до мостика, существенно сократится.

В дальнейшем нужно практиковать установку решетчатой палубы и отбойных козырьков на всех типах наших подводных лодок.

Очень важным для подводных лодок является вопрос обеспечения вентиляции корабля и подачи воздуха к дизелям в штормовую погоду. На всех наших лодках шахты расположены настолько низко, что они.

как правило, заливаются водой, и личный состав вынужден отказываться от их использования.

Шахта вдувной вентиляции в море никогда не работает, и воздух к вентилятору принимается от отсека через рубочный люк. В дальнейшем ставить ее не нужно вовсе. Шахту вытяжной вентиляции следует совместить с шахтой батарейной вентиляции и вывести ее под крышу мостика или, если это окажется возможным, в обтекатель перископа с приводом к верхнему затвору из рубки. Головную часть шахты подачи воздуха к дизелям нужно также поднять под крышу мостика.

Кроме того является целесообразным пересмотреть конструкцию шахт, отказавшись от их непроницаемости в подводном положении с переносом вторых наружных затворов к месту ввода шахт внутрь прочного корпуса. Подобная конструкция шахт, помимо значительного облегчения, даст некоторое усиление живучести лодки, так как опыт войны показывает на легкую их уязвимость.

Рассматривая мореходность наших лодок, следует особо остановиться на волнорезных щитах торпедных аппаратов. На СФ и ТОФ они ломаются в свежую погоду и сами торпедные аппараты выходят из строя.

Кроме того опыт довоенного плавания показал, что на ходу лодок во льду легче всего деформируются и ломаются эти же волнорезные щиты. Они являются самым слабым и уязвимым местом в наружном борту.

На СФ со всех лодок волнорезные щиты сняты, и лодки плавают без всякого прикрытия выгородок торпедных аппаратов. Следствием этого была потеря надводной скорости на полных ходах до 2 узлов.

Личный состав подводных лодок и ТО СФ пытаются смягчить этот крупнейший дефект установкой в выгородках торпедных аппаратов специальных «обтекателей».

Последние представляют собою изогнутые по боевому конусу листы, закрывающие внутреннюю часть выгородок, лежащую вне боевого конуса. Листы подкреплены со стороны ДП набором. Для крышек аппаратов в обтекателях делаются соответствующие ниши.

При применении этой конструкции предполагается получить некоторое уменьшение потери скорости. На части лодок обтекатели сделаны, и в ближайшем будущем мы будем иметь результаты этой работы.

В дальнейшем строительстве подводных лодок вопрос о выводах торпедных аппаратов за обводы корабля необходимо проработать на совершенно других положениях с отказом от волнорезных щитов, как средства, придающего гладкость оконечностям. Обводы следует полностью пересмотреть.

В качестве одного из вариантов могут быть предложены следующие образования носовой оконечности подводной лодки вне зависимости от ее типа.

1. Носовые ватерлинии в районе выхода аппаратов из непроницаемой части корпуса сузить настолько, чтобы они пересекались с осями верхних или средних аппаратов в этом сечении.

Длина проницаемой части корпуса в нос от аппаратов вследствие этого сократится, примерно, вдвое. Сами аппараты в районе носовой систерны прикрываются обшивкой этой систерны, плавно сливающейся с общими обводами. Носовые части аппаратов будут представлять собою местные выпуклости, обращенные тупой частью к носу. Бортo-

вые части носовых переборок прочного корпуса также могут несколько выступать за обвод.

2. Обводы проницаемой части делать точно по боевым конусам, плавно сопрягая их с близлежащими частями корпуса. Около носовых частей аппаратов в обшивке сделать ниши по форме наружных их крышек для размещения последних в открытом положении.

3. Крышки аппаратов делать в форме клина с высотою, обращенною к ДП и равною расстоянию от крышки аппарата до последней с небольшим зазором. Клин должен сводиться на-нет в сторону борта. Кромки крышки закруглить.

Для предохранения обшивки выкружек около торпедных аппаратов от воздействия льда, наружный диаметр крышек должен быть сделан настолько большим, чтобы крышки прикрывали кромку обшивки. Основные удары льда будут приходиться на солидные литые крышки, которые будут только плотнее прижиматься к аппаратам. Приводы крышек никаких ударов испытывать не будут.

Кормовые обводы, при наличии двух внутренних аппаратов, делать аналогичными описанным, но с тупыми ватерлиниями и заострением по батоксам. Крышки кормовых аппаратов также делать клиновидной формы, с высотою, обращенной вверх.

Применяя предлагаемые обводы, мы получим более правильными общие образования корпуса, приближающиеся к обводам быстроходных надводных кораблей. На существующих лодках обводы оконечностей значительно полнее, так как на всех типах наших лодок конструктора стремились прикрыть выходы аппаратов плавными обводами, не считаясь с их полнотой.

Большое заострение оконечностей обусловит меньшее развитие волнообразования и уменьшение общего сопротивления. Местные выпуклости наружных частей аппаратов и носовых переборок вызовут некоторое дополнительное вихреобразование, которое, возможно, перекроется улучшением общих обводов, тем более что все эти выступы лежат в пограничном слое.

Выступающие части носовых аппаратов, расположенные ниже грузовой ватерлинии, будут служить своеобразной бульбой, наличие которой тоже благоприятно может сказаться на ходкости корабля.

В конечном счете, при этих обводах можно получить не ухудшение ходкости лодки, а даже ее некоторое улучшение, причем надобность в волнорезных щитах пропадает.

Все вопросы, затронутые в настоящей статье, являются проблемами, которые мало освещались и недостаточно разрабатывались в довоенное время. Все они поставлены в порядке обсуждения.

Война показала актуальность этих вопросов и необходимость самого тщательного их изучения. Наши научные организации и конструкторские бюро, на основе изучения действительных условий плавания в боевых условиях, должны выработать новые формы наружных корпусов и мостика подводной лодки, которые позволяли бы улучшить ее боевые качества в штормовую погоду.

К таким качествам относятся:

1. Скорости надводного хода, связанные с обеспечением полноценного управления кораблем и наблюдением за обстановкой на море, а также подачей воздуха к дизелям и для вентиляции лодки.

2. Плавностью поперечной качки с умеренными амплитудами.

Личный состав подводных лодок должен продолжить изучение поведения наших лодок в море, с тем чтобы оценка заливания, качки и достигаемых скоростей носила бы совершенно ясный и исчерпывающий характер. Оценка должна содержать цифровой материал, по возможности настолько точный, чтобы на его основе можно было сделать достоверные выводы по основным размерам и обводам наших подводных лодок.

ФИЛИАЛ Центральной ВМБ

2—Зак. 8162

Фундаментальная Военно-научная библиотека ГШ ВМФ

2536
6-11-44

СТАБИЛИЗАТОР ПОДВОДНЫХ ЛОДОК С ГИБКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

А. М. ХВАТОВКЕР
инженер-капитан

Научно-исследовательским институтом № 10 НКСП в 1942 г. был закончен разработкой стабилизатор подводных лодок на заданной глубине без хода с гибкой обратной связью (шифр «Спрут»).

Стабилизатор прошел испытания на подводных лодках Северного флота в 1943 г. и принят на вооружение Военно-Морского Флота приказом Народного Комиссара № 0563 от 24 июля 1943 г. для всех типов подводных лодок.

Назначение стабилизатора.

1. Удерживать подводную лодку без хода (при выключенных электромоторах гребных валов и рулей) в течение продолжительного времени в пределах перископной глубины или на любой другой рабочей глубине.

2. Удерживать на заданной глубине подводную лодку на малых ходах без применения горизонтальных рулей.

Принцип действия.

Стабилизация подводной лодки по глубине осуществляется за счет автоматического изменения ее пловучести, приближающейся к нулевой на заданной глубине погружения, путем приема или отлива воды в уравнительной систерне.

Если подводной лодке, находящейся в погруженном положении без хода, придать отрицательную или положительную пловучесть, то она станет изменять глубину своего погружения, причем скорость ее погружения будет зависеть от величины изменения пловучести.

Для того чтобы возвратить подводную лодку на заданную глубину, необходимо приложить силу, пропорциональную изменению глубины. Стабилизатор и создает такую дополнительную силу за счет автоматического изменения количества воды в уравнительной систерне. Кроме того, он учитывает скорость изменения глубины.

Для автоматического управления пловучестью подводной лодки в аппаратуре «Спрут» имеются следующие элементы:

1. Статоскоп — чувствительный элемент (сильфон), измеряющий величину отклонения лодки от заданной глубины.

2. Вариометр — чувствительный элемент (сильфон), измеряющий скорости погружения или всплытия подводной лодки.

3. Прибор гибкой обратной связи, измеряющий по времени количество воды, принятой в уравнительную систерну из-за борта или отлитой

из нее за борт. В основном приборе (рис. 1) размещается статоскоп и вариометр. Показания их суммируются в требуемом соотношении на рычажном диференциале и преобразуются в перемещение контактного рычага. Величина и направление перемещения соответствуют отклонению подводной лодки по глубине и скорости ее погружения или всплытия, т. е. суммарному показанию статоскопа и вариометра.

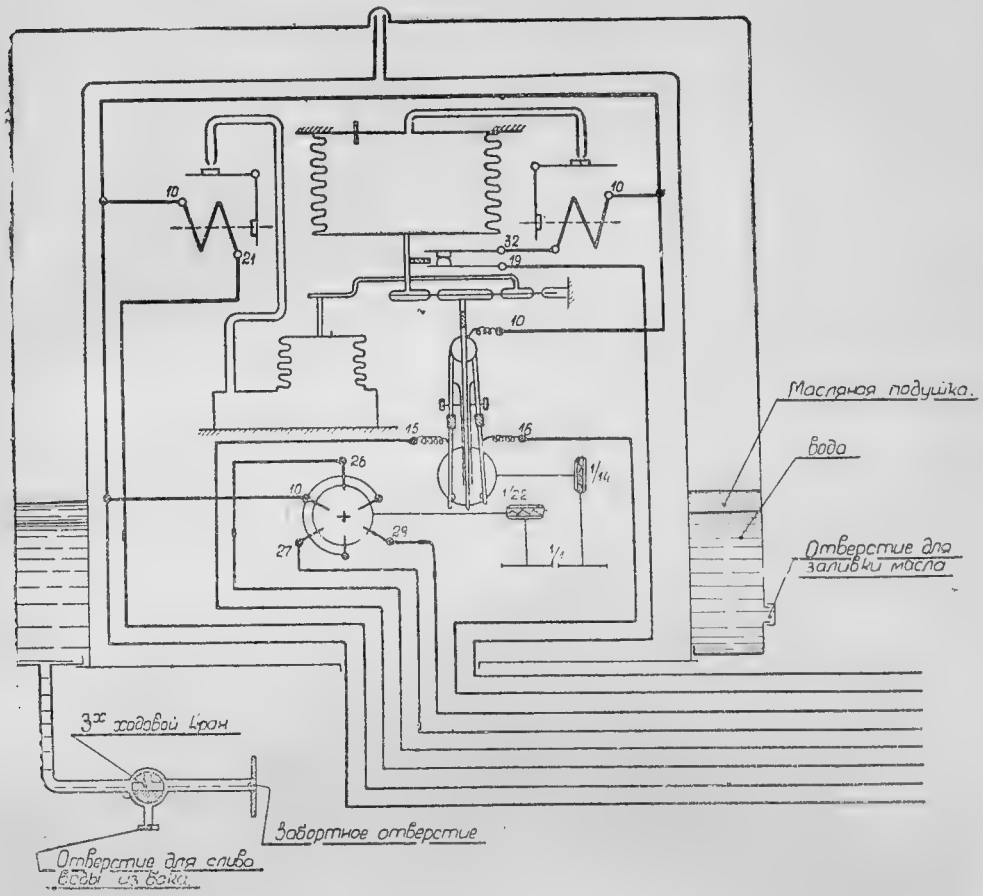


Рис. 1.

Количество воды, принятое или отлитое из систерны помпой и измеренное прибором гибкой обратной связи через ключ синхронной передачи, преобразуется в перемещение контактов в основном приборе, включаемых контактным рычагом.

В случае ухода подводной лодки с заданной глубины под влиянием различных причин на большую глубину, начнется процесс автоматического возвращения ее обратно.

Статоскоп определит, куда и насколько ушла подводная лодка от заданной глубины, а вариометр — скорость ухода.

Суммированные показания преобразуются в отклонение контактного рычага, причем последний замкнет контакт отлива, включая тем самым

через промежуточные приборы золотниковую коробку на отлив воды из систерны.

Вес подводной лодки, вследствие отлива воды, будет уменьшаться, тем самым будет возрастать положительная плавучесть. Вследствие этого подводная лодка сначала остановится, а затем начнет всплывать к заданной глубине.

Прибор гибкой обратной связи определяет количество отлитой воды, последнее в основном приборе преобразуется в перемещение контактов, механически соединенных с ключом синхронной передачи.

Замкнутые рычажный контакт и подвижной контакт разомкнутся и тем самым прекратится отлив воды.

К моменту прихода подводной лодки на заданную глубину ее вес будет соответствовать плотности окружающей среды, а статоскоп и вариометр придут в исходное положение.

При всплытии процесс автоматической установки подводной лодки на заданную глубину будет протекать таким же образом, но золотниковая коробка будет переключена на прием воды из-за борта в уравнительную систерну.

Действие чувствительных элементов: статоскопа и вариометра.

Прочный бачок, сообщающийся с забортным давлением, служит объемом, в котором происходит изменение давления, равное забортному. Внутри него расположен внутренний кожух, служащий для разделения внутреннего объема бачка на две части — одну, куда поступает забортная вода, а вторую — где расположены чувствительные элементы и все электрические и механические детали. Внутренний кожух имеет отверстие в верхней горловине, соединяющее обе части бачка.

Давление воздуха внутри бачка изменяется пропорционально забортному.

Если клапан статоскопа открыт, то изменение давления внутри сильфона также пропорционально забортному и никакого изменения высоты сильфона происходить не будет. Если на какой-то глубине погружения подводной лодки посредством электромагнита закрыть клапан статоскопа, то количество воздуха внутри статоскопа будет оставаться неизменным, а давление внутри него будет точно соответствовать забортному давлению на интересующей нас глубине.

Всякое отклонение от заданной глубины вызовет изменение высоты статоскопа, благодаря наличию разности давления внутри сильфона и вне его, а вследствие этого произойдет и замыкание контактов.

Вариометр имеет капиллярную трубку, которая никогда не закрывается. При изменении забортного давления, а следовательно и давления внутри бачка, будет происходить изменение давления внутри сильфона вариометра. Скорость изменения давления зависит от характеристики капилляра. При переменных давлениях внутри бачка длина сильфона все время будет меняться и возвратится в исходное положение только при прекращении вертикального перемещения подводной лодки.

Таким образом вариометр воздействует на рычажной диференциал только в случае вертикальных перемещений подводной лодки.

Приборы аппаратуры «Спрут».

1. Основной прибор содержит в себе анализаторы (регуляторы) глубины погружения (статоскоп) и вертикальной скорости (вариометр), в

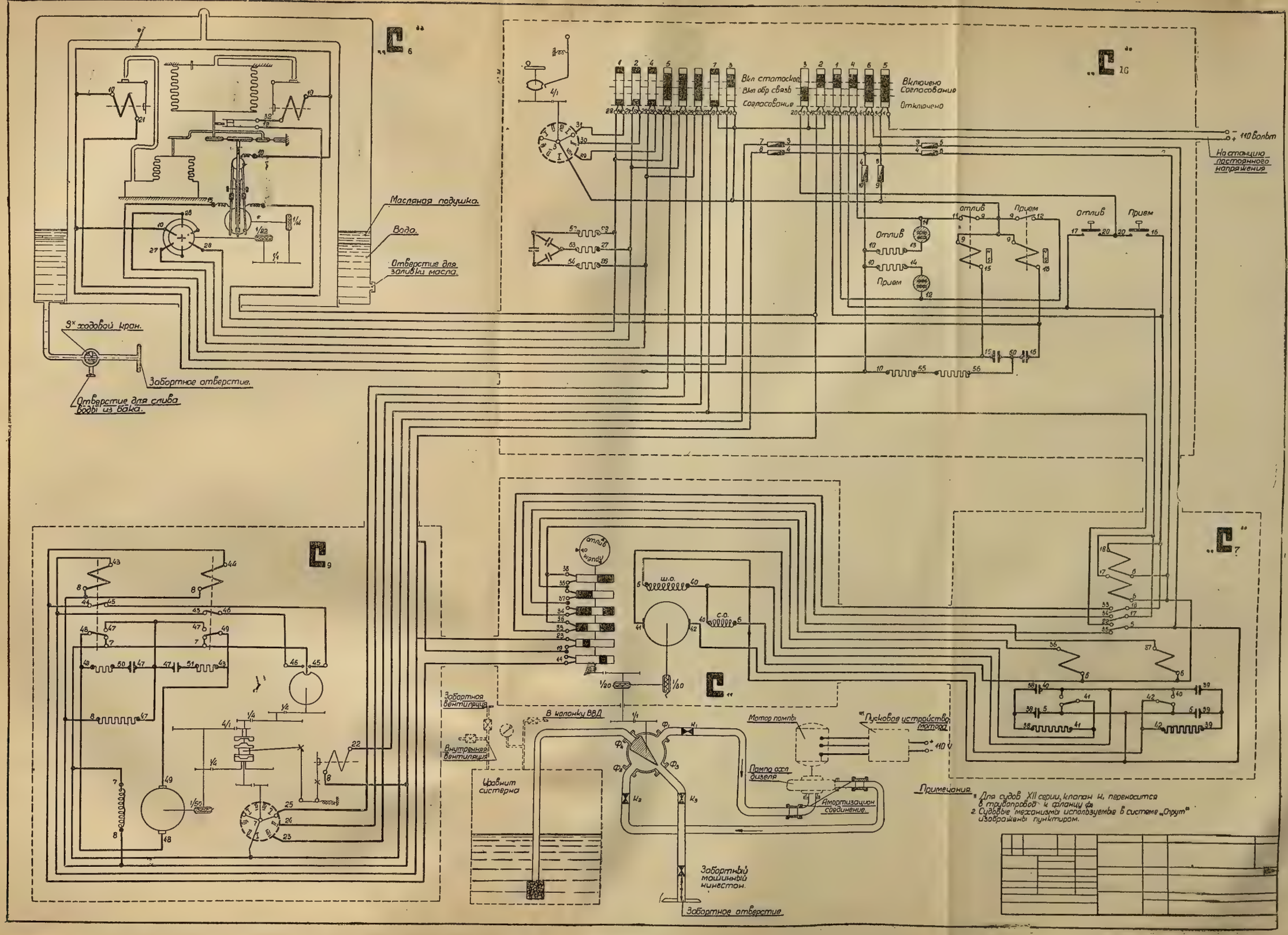

Масляная подушка.
Водо.
Отверстие для заливки масла.
3х ходовой кран.
Забортное отверстие.
Отверстие для слива воды из бака.
Вкл статически
Вкл обр связь
Согласование
Включено
Согласование
Отключено
110 Вольт
На станцию постоянного напряжения
Отлив
Прием
Отлив
Прием
Отлив
Прием
Забортная вентиляция
В колонку ВВД
Внутренняя вентиляция
Кравит систерна
Мотор помпы
Пусковое устройство мотора
110 V
Помпа осп дизеля
Амортизацион соединение
Забортный машинный кингстон.
Забортное отверстие
Примечания.
1. Для судов XII серии, клапан К1 переносится в трубопровод к фланцу Ф1
2. Судовые механизмы используемые в системе „Спрут" изображены пунктиром.

Рис. 2.

соответствии с показаниями которых, с учетом величины обратной связи, происходит автоматическое управление приемно-отливным устройством, изменяющим плавучесть подводной лодки.

2. Пульт управления служит для контроля за работой всей аппаратуры, задания глубины погружения подводной лодки (закрывания клапана статоскопа), согласования аппаратуры, подачи питания и автоматического и ручного управления стабилизатором.

3. Релейная коробка служит для непосредственного включения и отключения цепей управления приводного мотора золотниковой коробки, получая приказания от основного прибора и пульта.

4. Золотниковая коробка с электроприводом и дисками служит для переключения трубопровода насоса на прием воды в систерну или отлив из нее.

Управляющие диски предназначены для ограничения хода сервомотора на прием или отлив и приведения золотника в нулевое положение после приведения подводной лодки на заданную глубину. Одновременно они управляют цепями прибора гибкой обратной связи.

5. Прибор гибкой обратной связи служит для задания угла смещения исполнительных контактов, в зависимости от изменения количества воды по времени в уравнительной систерне, для получения затухания процесса при стабилизации.

Принцип работы гибкой обратной связи.

Одновременно с включением приемно-отливного устройства, управляющего дисками золотниковой коробки, включается сервомотор обратной связи. Через синхронную линию связи передается угол сдвига контактов основного прибора, пропорциональный количеству принятой или отлитой воды.

При размыкании контактов основного прибора приемно-отливное устройство и сервомотор обратной связи останавливаются.

При возвращении подводной лодки к заданной глубине статоскоп и вариометр, выпрямляясь, приведут рычажный контакт в нулевое положение. Исполнительные контакты останутся неподвижными, так как сервомотор обратной связи остановлен, а отвод рычажного контакта вызовет вновь включение приемно-отливного устройства, но уже в обратном направлении. При включении золотниковой коробки опять включится прибор гибкой обратной связи, который через синхронную связь будет стремиться разомкнуть контакты.

Процесс возвращения подводной лодки к заданной глубине будет затухающим.

Если же после окончания процесса затухания подводная лодка не придет на точно заданную глубину, то регулирование продолжится, так как статоскоп, не приняв исходного положения, будет держать контактный рычаг отклоненным от нулевого положения.

При выключенной золотниковой коробке начнется работа от контактного приспособления прибора гибкой обратной связи. Контактное приспособление включит сервомотор обратной связи для выведения себя в нулевое положение. Одновременно сервомотор через синхронную связь начнет отводить исполнительные контакты основного прибора также в нулевое положение. А так как контактный рычаг под влиянием статоскопа находится не на нуле, то произойдет замыкание одного

из исполнительных контактов и вновь включится вся схема, подводя подводную лодку к заданной глубине.

Процесс регулирования закончится только тогда, когда подводная лодка придет точно на заданную глубину в пределах ± 15 *см*.

Количество принятой или отлитой воды из систерны строго соответствует изменению глубины погружения подводной лодки. Отношение глубины погружения в сантиметрах к количеству отлитой или принятой воды в литрах называется коэфициентом обратной связи (в пределах ± 2 *м* от заданной глубины).

Для подводных лодок типов «М» и «Щ» коэфициент обратной связи равен единице. Это означает, что на один сантиметр глубины погружения (всплытия) подводной лодки в систерну принимается (отливается) один литр воды.

Для подводных лодок типа «С» коэфициент обратной связи равен $\frac{1}{2,5}$.

Механическая часть.

В качестве помпы на всех типах подводных лодок принят насос охлаждения дизелей, так как в подводном положении он не работает и может быть использован для стабилизатора.

Кроме того, устанавливается трубопровод, соединяющий насос, машинный кингстон, золотниковую коробку и уравнительную систерну в одну общую систему.

Для обеспечения бесшумности все приборы и насос устанавливаются на амортизаторы, а трубопровод с насосом соединяется при помощи резиновых патрубков.

Отличие стабилизатора «Спрут» от стабилизатора с жесткой обратной связью.

Установленный на подводных лодках КБФ, СФ и ТОФ стабилизатор глубины «Спрут-1» с жесткой обратной связью принципиально ничем не отличается от описанного в статье стабилизатора с гибкой обратной связью.

Жесткая обратная связь конструктивно выполнена в виде измерителя уровня поплавкового типа и привода измерителя уровня.

Измеритель уровня устанавливается в уравнительной систерне таким образом, что крышка его является крышкой горловины.

При неизменном количестве воды в систерне, поплавок плавает, не замыкая ни одного контакта. При изменении уровня воды, т. е. изменении количества воды, поплавок всплывет или опустится, замыкая тем самым один из двух контактов. Контакт включит реверсивный электромотор, который поднимет или опустит поплавок. Как только поплавок окажется в воде, он разомкнет свой контакт, и электромотор остановится. С электромотором связан ключ синхронной связи, который отведет исполнительные контакты основного прибора на угол, зависящий от количества оборотов электромотора или, что тоже, подъема или опускания поплавка, т. е. изменения количества воды в систерне.

Однако наличие контактной части внутри систерны вызывало целый ряд эксплоатационных неудобств и частый отказ стабилизатора от работы. Кроме того громоздкость измерителя уровня и необходимость значительного количества корпусных работ вызывали производственные и монтажные трудности. Поэтому инженером Иванниковым, лауреатом Сталинской премии, был предложен прибор гибкой обратной связи.

В основу было положено то, что помпа при противодавлении в системе, равном забортному, работает с постоянной производительностью, трубопровод остается тот же и, следовательно, количество перекачанной воды практически пропорционально времени ее перекачивания.

Прибор был изготовлен и испытан. Сейчас в заводском изготовлении будет стабилизатор с гибкой обратной связью.

Испытания на Северном флоте.

В мае—июне 1943 г. на Северном флоте проведены испытания стабилизатора «Спрут» с гибкой обратной связью.

Испытания проводились на «М-171», «Щ-402» и «С-51».

Результаты испытаний представлены на графиках 1 и 2 (рис. 3 и 4).

Как видно из графиков, точность удержания подводной лодки на заданной глубине вполне достаточна ($\pm 0{,}25$ *м* на перископной глубине и $\pm 0{,}5$ *м* на большой глубине) для стабилизации подводных лодок типов «Щ» и «С».

Испытания показали, что аппаратура «Спрут» с гибкой обратной связью имеет следующие преимущества перед аппаратурой «Спрут-1» (с жесткой обратной связью):

а) меньшее количество аппаратуры;

б) не требуется установки поплавка в уравнительной системе;

в) бо́льшая легкость эксплоатации и бо́льшая надежность;

г) меньшие габариты и вес;

д) значительное облегчение в производстве.

Устойчивость и надежность работы стабилизатора проверялась тем, что подводной лодке давались разного рода толчки (поднимались и опускались перископы, принималась и отливалась вода из систерн и т. п.). Толчки не мешали стабилизатору приводить подводную лодку на заданную глубину.

Некоторые тактико-технические преимущества подводных лодок, оборудованных стабилизатором «Спрут».

В процессе эксплоатации и испытаний стабилизаторов на СФ и КБФ выявились некоторые новые тактико-технические преимущества подводных лодок, оборудованных стабилизатором «Спрут».

1. Аппаратура «Спрут» удерживает подводную лодку на заданной глубине на малых ходах без действия горизонтальных рулей. Это новое тактико-техническое качество дает ряд преимуществ.

Во-первых, в случае аварии с горизонтальными рулями и невозможности для лодки всплыть на поверхность, имеется возможность отойти в безопасное место для всплытия.

Во-вторых, на малых ходах наибольший шум производит перекладка горизонтальных рулей, поэтому, прорывая линию охранения, можно не пользоваться горизонтальными рулями.

В-третьих, при стоянке на позиции в узкостях, подводная лодка подвергается опасности быть снесенной течением на берег или на мель. Изредка подрабатывая моторами и стоя под стабилизатором, личный состав обеспечивает безопасность подводной лодки.

2. Работа стабилизатора «Спрут» дает возможность при подводном положении лодки производить ремонтные работы, которые обычно требуют покладки на грунт или всплытия. Так, например, на подводной

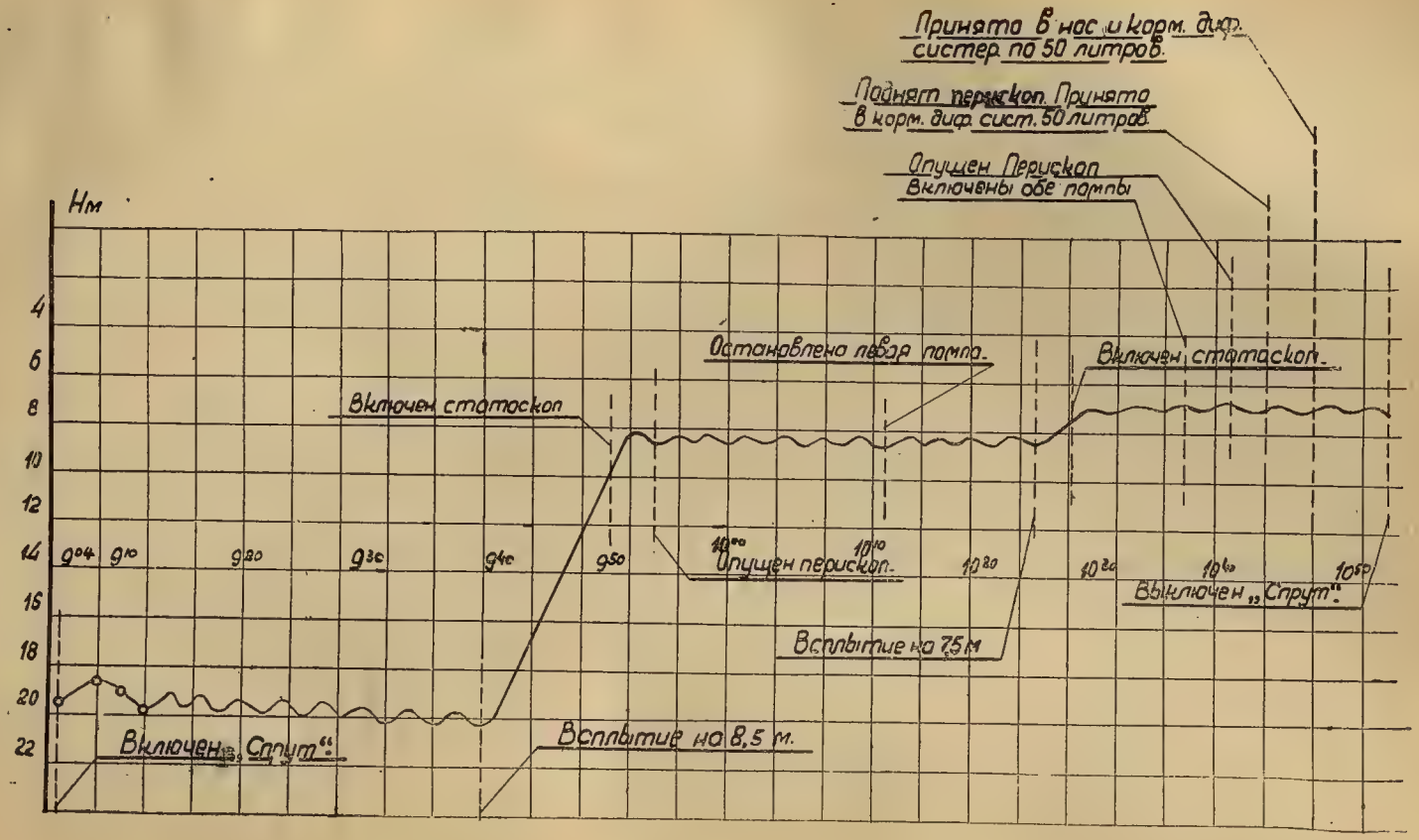

Принято в нос и корм. диф. систер. по 50 литров.
Поднят перископ. Принято в корм. диф. сист. 50 литров.
Опущен Перископ Включены обе помпы
Нм
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
Остановлена левая помпа.
Включен статоскоп.
Включен статоскоп
Опущен перископ.
Выключен „Спрут".
Всплытие на 7,5 м
Включен „Спрут".
Всплытие на 8,5 м.

Рис. 3.

лодке Щ-402 был произведен ремонт и согласование рулевого управления при стоянке под стабилизатором.

Особо важно обеспечить лодке скрытное состояние под водой без хода для ремонта главных электромоторов или линии валопровода.

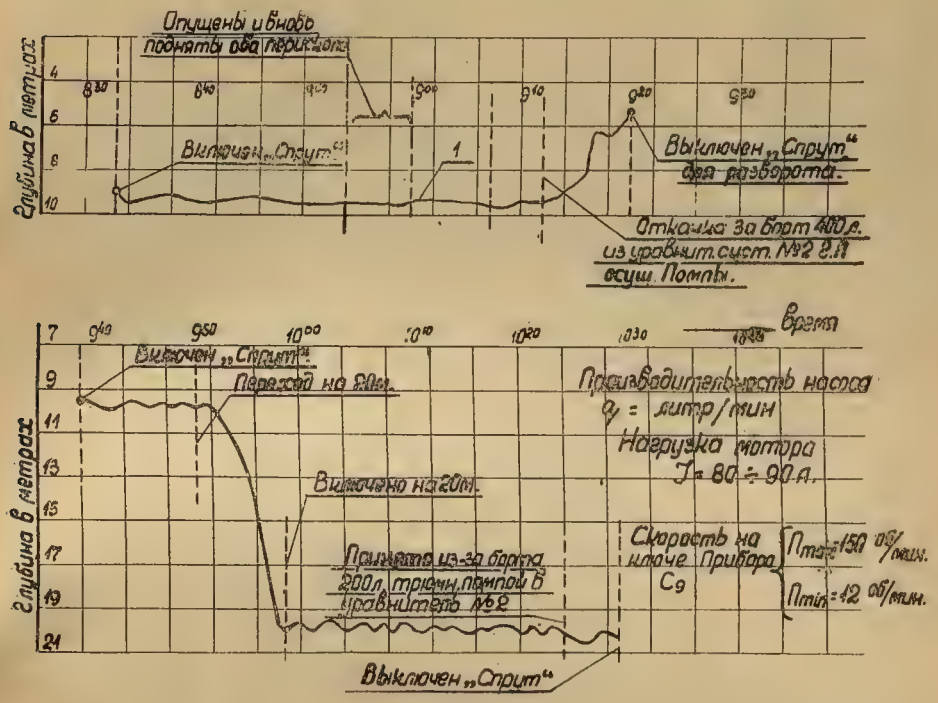


Рис. 4.

3. В районе зарядки стабилизатором пользуются для укрытия от самолетов противника, отстаиваясь на глубине и не выходя из района зарядки, чем экономится время зарядки.

4. Отдельные командиры используют стабилизатор для пребывания на позиции на глубине без хода в целях обеспечения бесшумности. Стоя на месте, они пропускают над собой линию охранения кораблей противника, всплывают внутри каравана и выходят в атаку, скрываясь после нее на глубине под стабилизатором.

Особенно необходим стабилизатор «Спрут» в светлое время дня, когда подводная лодка принуждена отстаиваться на глубине, и во время штормов, когда подводная лодка не в состоянии держаться на поверхности. В этом случае стоянка под стабилизатором значительно экономит запас энергии, уменьшает число зарядок аккумуляторных батарей и обеспечивает скрытность.

Основные тактико-технические качества стабилизатора описаны в статье инженер-майора Веребрюсова.

К недостаткам аппаратуры «Спрут» относятся:

1. Заполнение уравнительной систерны воздухом для создания противодавления, обеспечивающего нормальную работу помпы на заданной глубине, происходит с шумом, демаскирующим подводную лодку.

2. По окончании работы стабилизатора необходимо стравливать воздух из систерны внутрь корабля, чтобы не демаскировать себя, что приводит к повышению давления внутри подводной лодки.

От первого недостатка можно избавиться с помощью специального глушителя, проект которого разрабатывается.

Оба недостатка ликвидируются, если будет создана специальная помпа, позволяющая работать аппаратуре «Спрут» на всех глубинах без уравнивания давления воздуха в систерне.

В период Великой Отечественной войны аппаратура «Спрут» оправдала себя. Согласно указанию Народного Комиссара Военно-Морского Флота СССР, в 1943—1944 гг. все подводные лодки должны быть оборудованы стабилзатором «Спрут», так как аппаратура значительно повышает тактико-технические свойства подводных кораблей.

СЪЕМНЫЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ РУЛИ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК И ОПЫТ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

А. И. ДУБРАВИН
инженер-капитан 2 ранга

Замена или исправление устанавливаемых в настоящее время на подводных лодках горизонтальных рулей не могут быть произведены без ввода подводной лодки в док или подъема оконечностей с помощью подъемных кранов.

При необходимости базироваться в естественных базах (бухтах, заливах, проливах и т. п.), а также при недостаточном оборудовании баз театра этот недостаток имеет весьма существенное значение, особенно при плавании во льдах, где возможны более частые повреждения.

Съемные кормовые горизонтальные рули, установленные и испытанные в 1940 г. на подводной лодке «Щ» X серии, позволяют их замену и исправление производить на плаву.

1. **Конструкция съемных кормовых горизонтальных рулей.**[1] Съемные кормовые горизонтальные рули состоят:

1) из короткого (по сравнению с существующим) баллера для крепления горизонтальных рулей на фланцах;

2) верхнего горизонтального фланца с канавкой для шпонки и

3) пера руля (правого и левого борта) с нижним горизонтальным фланцем.

Рассмотрим детали рулей более подробно.

Баллер (рис. 1) имеет цилиндрические короткие шейки, выступающие из корпуса корабля на 0,5 *м*, со шпонкой в верхней части шейки баллера для верхнего фланца пера руля. В остальном баллер (в части его соединения с приводом и расположения на подшипниках) ничем не отличается от обычного.

Верхний фланец (рис. 2) имеет шесть дыр для шпилек и выемки для гаек. Во фланце сделана канавка для шпонки.

Перо руля (рис. 3) обтекаемой формы, с высоким профилем, электросварной конструкции.

Основой пера служит горизонтальный фланец (нижний) с шестью шпильками для соединения с верхним фланцем (рис. 4).

К фланцу приварены продольное ребро (в виде двутавровой балки), лобовая часть обшивки пера и днище.

---

[1] Съемные горизонтальные рули проектировались по заданию НТК в ЦКБ-18 и изготовлялись на заводе № 189.

Набор пера руля имеет еще одно продольное ребро, помимо приваренного к фланцу. Обшивка верхней части пера руля и днище приварены по продольным ребрам, лобовой части и контуру руля.

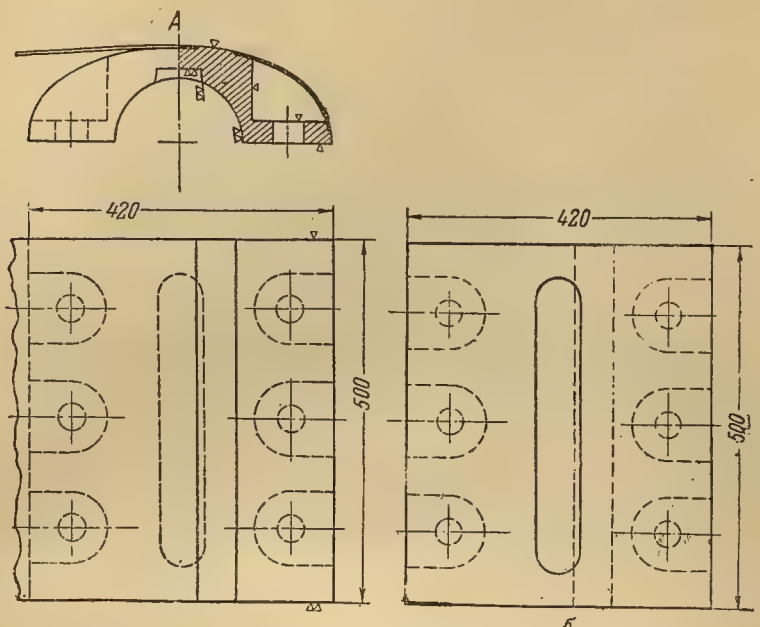


Рис. 2. Верхний фланец: *а* — вид сверху; *б* — вид снизу.

В той части пера руля, где расположен верхний фланец, перо руля имеет для него уступ, закрываемый после установки фланца отъемными листами обшивки пера руля, крепящимися на шурупах и болтах (рис. 5).

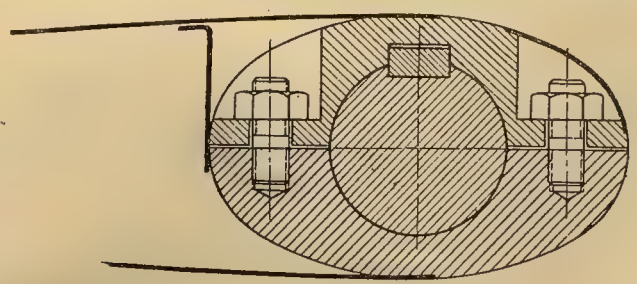


Рис. 4. Соединение фланцев.

2. Испытания подводной лодки со съемными горизонтальными рулями. На испытываемой подводной лодке носовые и кормовые штатные горизонтальные рули были сняты и установлены опытные съемные кормовые горизонтальные рули.

Подводные испытания производились на перископной глубине с погружением подводной лодки под рулями на глубину до 43 *м*.

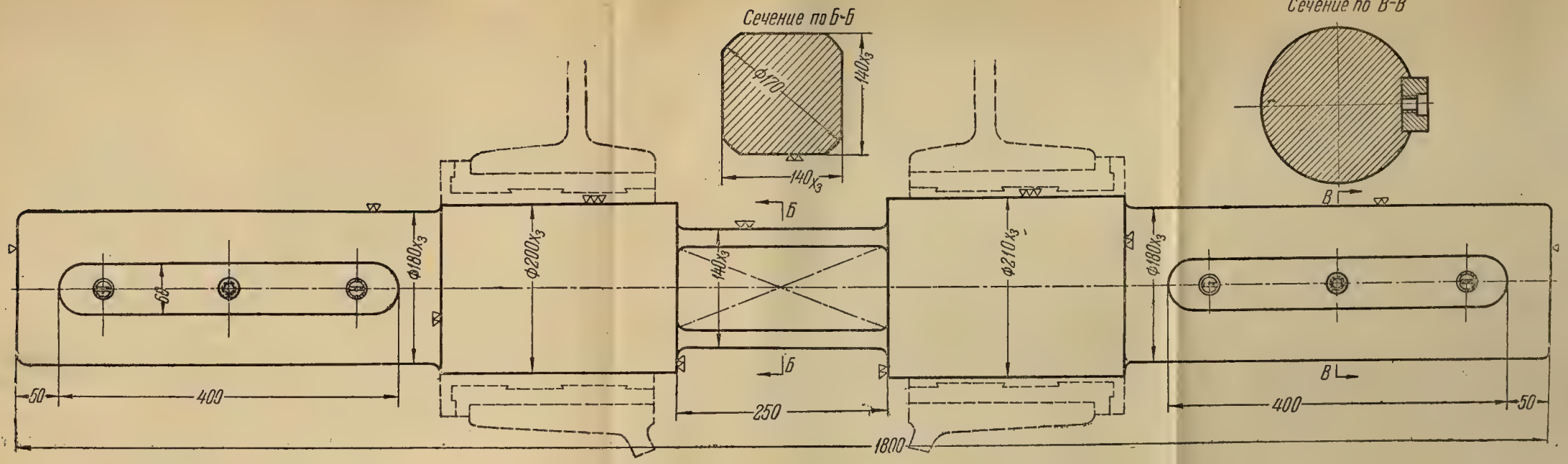
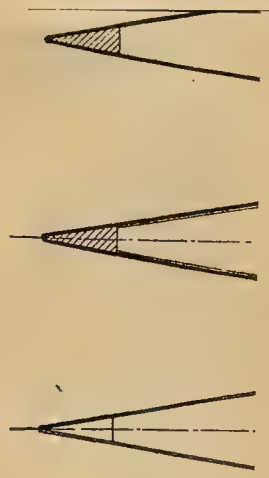


Рис. 1. Баллер съемных горизонтальных рулей.



листами обшивки пера руля, крепящимися на шурупах и болтах (рис. 5).

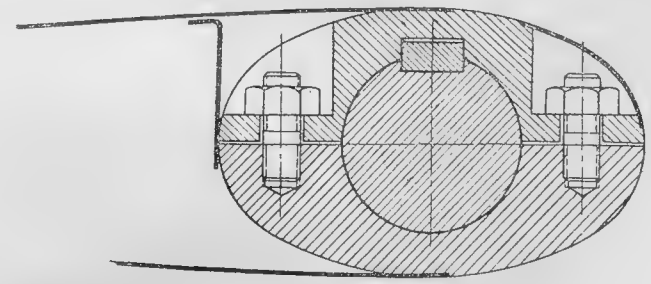


Рис. 4. Соединение фланцев.

2. **Испытания подводной лодки со съемными горизонтальными рулями.** На испытываемой подводной лодке носовые и кормовые штатные горизонтальные рули были сняты и установлены опытные съемные кормовые горизонтальные рули.

Подводные испытания производились на перископной глубине с погружением подводной лодки под рулями на глубину до 43 *м*.

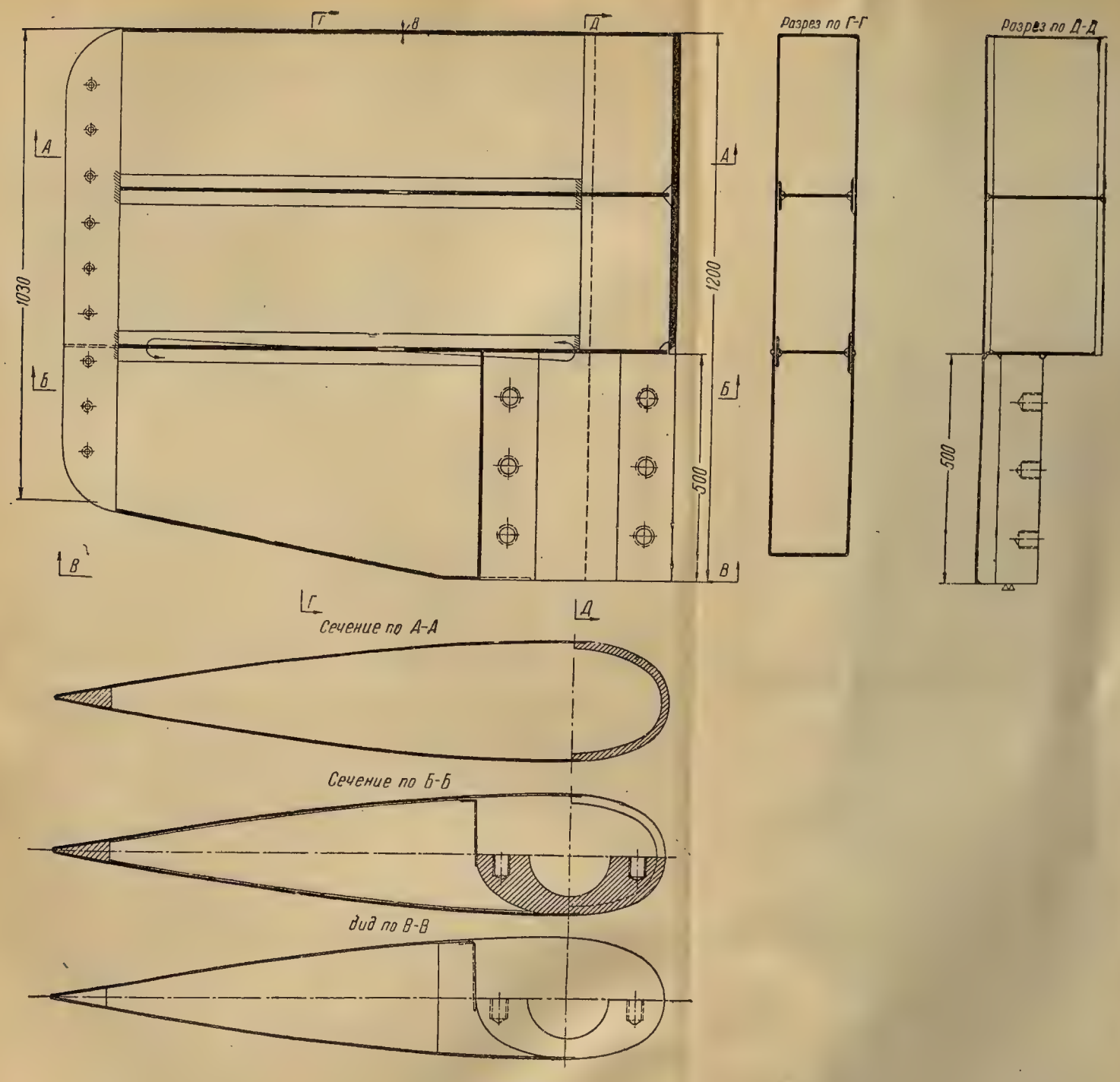


Рис. 3. Конструкция пера руля.

Подводные ...
погружением подводной лодки под рулями на глубину до ... м.

Испытание рулей при надводном положении лодки производилось в большом океанском переходе (протяжением до 4000 миль) при частых штормах и непрерывной качке.

Во время испытаний рули работали нормально и повреждений не имели.

3. **Съемка и постановка горизонтальных рулей.** Во время испытаний производилась съемка и постановка горизонтальных рулей на плаву.

В качестве грузовых средств применялись тали, подвешиваемые у борта подводной лодки, и грузовые стрелы (до 3 *т*) сопровождающих транспортов.

Время, необходимое для съемки рулей при работе одного водолаза, составляло 8 часов, для постановки — 12 часов.

При съемке и постановке рулей выявились некоторые, непринципиальные, недостатки конструкции в отношении наводки шпилек в дыры верхнего фланца, неотцентрированного подвеса пера руля вследствие заполнения его деревом и т. п. Устранение на месте этих недостатков значительно сократило время на съемку и постановку рулей.

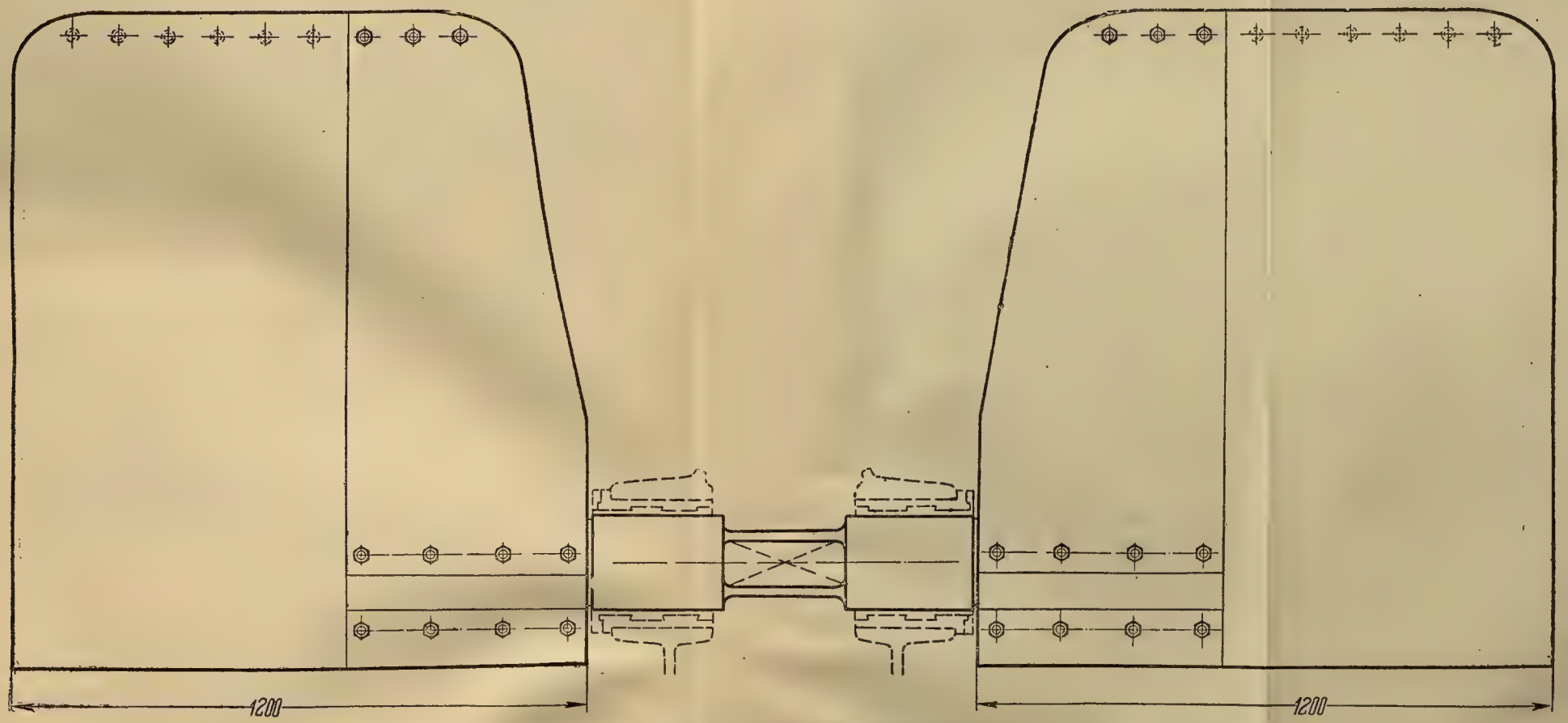


Рис. 5. Схема рулей в собранном виде.

Испытание рулей при надводном положении лодки производилось в большом океанском переходе (протяжением до 4000 миль) при частых штормах и непрерывной качке.

Во время испытаний рули работали нормально и повреждений не имели.

3. **Съемка и постановка горизонтальных рулей.** Во время испытаний производилась съемка и постановка горизонтальных рулей на плаву.

В качестве грузовых средств применялись тали, подвешиваемые у борта подводной лодки, и грузовые стрелы (до 3 *т*) сопровождающих транспортов.

Время, необходимое для съемки рулей при работе одного водолаза, составляло 8 часов, для постановки — 12 часов.

При съемке и постановке рулей выявились некоторые, непринципиальные, недостатки конструкции в отношении наводки шпилек в дыры верхнего фланца, неотцентрированного подвеса пера руля вследствие заполнения его деревом и т. п. Устранение на месте этих недостатков значительно сократило время на съемку и постановку рулей.

4. **Заключение.** Опыт применения съемных горизонтальных рулей на подводной лодке «Щ» X серии показал возможность съемки и постановки их на плаву при весьма несложных водолазных работах.

Исправление пера руля или его замена не требуют докования. Для лодок одного и того же типа можно иметь запасные перья рулей, взаимозаменяемые при повреждениях.

Конструкция съемных горизонтальных рулей с коротким баллером, жесткими, высокого профиля, электросварными перьями, по сравнению с существующими горизонтальными рулями имеет также некоторые преимущества в отношении простоты изготовления и монтажа рулей.

Дальнейшие усовершенствования конструкции рулей необходимы в части еще большего упрощения их сборки на плаву и конструирования требуемых для этого приспособлений.

ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ОЦЕНКА ЗАПАСА ВОЗДУХА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПОДВОДНЫХ ЛОДКАХ КАК РЕЗЕРВА РЕГЕНЕРАЦИОННЫХ СРЕДСТВ

М. М. ЧЕТВЕРТАКОВ

инженер-капитан 1 ранга

1. Метод определения количества воздуха в системе высокого давления

Обычным методом определения объема газа, находящегося в сосуде под некоторым давлением, является вычисление его по уравнению, выражающему закон Бойля-Мариотта.

Если давление, под которым находится газ, невелико (до 80 *атм*) и особенной точности при определении количества газа не требуется, то вполне можно исходить из уравнения:

$$v_0 = v\frac{p}{p_0}.$$

Если же необходимо вычислить количество газа, содержащегося под высоким давлением, с возможно большей точностью, то приходится учитывать, что реальные газы при больших давлениях (так же как и при очень малых) не следуют в точности закону Бойля-Мариотта.

Поэтому и уравнение Клапейрона

$$\frac{p_0 v_0}{T_0} = \frac{p \cdot v}{T} = \text{const}$$

не выражает для них действительного соотношения между давлением, объемом и абсолютной температурой.

Соотношение между этими величинами для реальных газов с очень большой точностью выразил Ван-дер-Ваальс следующим уравнением:

$$\left(p+\frac{a}{v^2}\right)\left(v-b\right) = \frac{p_0 v_0}{T_0}\,T = RT,$$

где v_0 и p_0 — объем и давление данной массы газа при T_0 Ц;

v и p — объем и давление той же массы газа при T_0 Ц;

R — газовая постоянная, равная $\frac{p_0 v_0}{273}$.

Буква a в уравнении Ван-дер-Ваальса представляет собою некоторую постоянную величину, определяющую влияние силы взаимного притяжения газовых молекул.

Буква b — обозначает собой объем, занимаемый самими молекулами газа, который Сарро назвал «коволюм».

Величина коволюма зависит от природы газа и оказывает тем большее влияние на развиваемое при сжатии газа давление, чем меньше окончательный объем газа, т. е. чем больше он сжат.

Поэтому давление в сосуде всегда получается несколько больше, чем это следует из уравнения Клапейрона по сокращению объема газа.

Иначе говоря, заданное давление в сосуде достигается меньшим сокращением объема, чем это требуется по уравнению Клапейрона.

На основании опытов Амага над сливаемостью газов Сарро вывел следующие значения коволюма для некоторых газов:

Таблица 1

Название газа	Коволюм b
Азот	0,001359
Кислород	0,000890
Углекислый газ .	0,000886
Водород	0,000887

Маляр и Лешателье считали, что для всех газов величину коволюма можно принять равной 0,0001 v_0, где v — объем, занимаемый данной массой газа при нормальных условиях (0° Ц, 760 *мм* рт. ст.).

Пренебрегая величиной a, как ничтожно малой вообще, и принимая величину коволюма, данную Маляр и Лешателье, при точном определении запаса сжатого воздуха в судовых баллонах будем исходить из следующего уравнения:

$$p\ (v-b)=\frac{p_0 v_0}{T_0}\ T.$$

Так как в разбираемом вопросе нас будет интересовать, какое количество воздуха при атмосферном давлении заключено в системе высокого давления при той же температуре, то, принимая $P_0 = 1$ *ата* и $T = T_0$, получим следующую формулу для расчетов:

$$v_0 = p\ (v-b) = p\ (v - 0{,}001\ v_0),$$

откуда

$$v_0 = \frac{pv}{1+0{,}001\ p}. \qquad (1)$$

2. Количество воздуха (v_0) в системе воздуха ВД при 200 *атм* на некоторых типах подводных лодок

На основании спецификационных данных о емкостях в системе воздуха ВД, количество воздуха, заключенного в них при манометрическом давлении 200 *атм*, при пересчете по формуле (1) к нормальному давлению (v_0), получается следующим:

а) На ПЛ типа „С“

Число независимых групп	7
Число баллонов в группе	2
Водяная емкость одного баллона	410 *л*
Водяная емкость всех баллонов	5740 *л*
Запас воздуха во всех баллонах (v_0)	957 *м*³

б) На ПЛ типа „Щ“

Число независимых групп	4
Число баллонов в группе № 1	10
„ „ „ „ № 2	12
„ „ „ „ № 3	18
„ „ „ „ № 4	21 [1]
Водяная емкость одного баллона	78 *л*
Водяная емкость всех баллонов	4758 *л*
Запас воздуха во всех баллонах (v_0)	800 *м*³

в) На ПЛ типа „М-XII“

Число независимых групп	4
Число баллонов в группе № 1	6
Водяная емкость баллона в группе № 1	78 *л*
Число баллонов в группе № 2	1
Водяная емкость баллона в группе № 2	410 *л*
Число баллонов в группе № 3	1
Водяная емкость баллона в группе № 3	410 *л*
Число баллонов в группе № 4	6
Водяная емкость баллона в группе № 4	78 *л*
Общая водяная емкость всех баллонов	1756 *л*
Запас воздуха во всех баллонах (v_0)	293 *м*³

г) На ПЛ типа „М-VI“

Число независимых групп	5
Число баллонов в группе	4
Водяная емкость одного баллона	78 *л*
Водяная емкость всех баллонов	1560 *л*
Запас воздуха во всех баллонах (v_0)	260 *м*³

Примечание. Вычисленные здесь объемы воздуха при атмосферном давлении составляют 83% от тех величин, которые получаются по расчету без введения указанной поправки.

3. Регенерационный потенциал запаса воздуха ВД

В запасе воздуха ВД в основном заключается некоторый резерв кислорода, который может быть использован в процессе регенерации воздуха.

Кроме того, так как выпуск воздуха в отсеки связан с предшествующей откачкой воздуха или с одновременным или последующим снятием давления, то такая система в действии является также методом удаления некоторого количества углекислого газа из отсеков в баллоны.

Считая, что воздух в баллонах содержит 20% кислорода и что в процессе использования его для дыхания можно снизить концентрацию кислорода до 17%, получаем теоретическую возможность использовать из 1 *м*³ воздуха (при атмосферном давлении) 30 *л* кислорода.

Это будет возможно в том случае, если сначала откачать из отсеков воздух, содержащий не более 17% кислорода, а затем выпустить такое же количество воздуха из баллонов.

[1] Каждый баллон группы № 4 имеет индивидуальный запорный клапан.

Однако этот метод, хотя и наиболее действительный в смысле эффекта замены воздуха отсеков на воздух из баллонов, связан с тем обстоятельством, что в период разрежения парциальное давление кислорода будет снижаться и приведет к отрицательным физиологическим последствиям.

Если, например, откачка воздуха из отсеков начнется при 17% кислорода и давление будет снижено на 0,25 *атм*, то это будет равноценно тому, что имело бы место при наличии в воздухе при нормальном давлении следующей концентрации кислорода:

$$17\ \frac{(1-0{,}25)}{1} = 12{,}75\%.$$

Из этого примера видно, что откачка воздуха с малым содержанием кислорода может привести к неблагополучным последствиям для людей.

Поэтому такой метод не может быть рекомендован, и более приемлемым для практики оказывается выпуск воздуха из баллонов с последующим или одновременным снятием давления до нормального.

При этом, однако, будет происходить частичное смешение выпускаемого из баллонов воздуха с отсечным и эффективность обмена снизится и составит 75—80% от регистрационной емкости выпущенного объема воздуха.

При норме потребления одним человеком 28 *л* кислорода в час регенерационная емкость по кислороду 1 *м*³ воздуха из системы ВД составляет:

$$\frac{30}{28} \cdot 0{,}75 = 0{,}8 \text{ чел./часа},$$

или на одного человека в час требуется:

$$\frac{1}{0{,}8} = 1{,}25\ м^3 \text{ воздуха из системы ВВД}$$

Регенерационный эффект этого метода по углекислому газу будет всецело зависеть от того, при каком содержании этого газа будет откачиваться компрессором воздух из отсеков. При 3% CO_2 1 *м*³ откачанного воздуха удалит $30 \cdot 0{,}75 = 22{,}5$ *л* углекислого газа, при 2% $CO_2 - 20 \cdot 0{,}75 = 15$ *л* и т. д.

Соответственно этому определяется и эффективность этого способа в отношении экономии патронов регенерации.

4. Регенерационный резерв кислорода в системе воздуха высокого давления по расчету

На основании приведенных выше сведений, норм и исходных положений, полный запас ВВД на подводных лодках по расчету может удовлетворить кислородом весь экипаж подводных лодок сравнительно небольшое время.

Представление об этом дает табл. 2, в которой количество воздуха дано при атмосферном давлении.

Таблица 2

Тип ПЛ	Общий запас ВВД	Штат *ЛС*	Запас ВВД на человека	Часовая потребность ВВД на экипаж ПЛ	Регенерационный резерв в запасе ВВД	Число баллонов с кислородом замен. полн. запас ВВД
	*м*³	чел.	*м*³/чел.	*м*³	экипаже-часы	шт.
„С“	957	45	21,3	56,25	17,0	3,9
„Щ“	800	38	21,0	47,50	16,8	3,2
„Щ“	800	35	23,0	43,75	18,3	3,2
„М-XII“	293	19	18,3	23,75	12,3	1,2
„М-VI“	260	16	16,3	20,00	13,0	1,0

Указанные в табл. 2 регенерационные резервы в запасе ВВД являются предельно-высокими при взятой норме потребления кислорода (8 *л*/чел.-час.).

На самом деле они будут меньше и в зависимости не только от того, насколько действительное наличие воздуха меньше полного запаса, но и в каких емкостях и под каким давлением в них находится сжатый воздух.

5. Повышение давления при выпуске воздуха из баллонов в отсеки

Очень большое значение на степень полноты использования наличного запаса ВВД имеет давление, которое можно допустить в отсеках при выпуске воздуха из баллонов.

При выпуске в лодку одночасовой потребности воздуха из системы ВВД повышение давления должно произойти на величины, указанные в табл. 3.

Таблица 3

Тип ПЛ	Штат ЛС	Свободный объем отсеков	Часовая потребность ВВД на экипаж	Повышение давления на		Примечание
	чел.	*м*³	*м*³	*мм* рт. ст.	*атм*	
„С“	45	545	56,25	78,3	0,103	Таблица составлена для того случая, когда откачка избытка воздуха начнется по окончании выпуска всей одночасовой потребности
„Щ“	38	410	47,50	88,2	0,116	
„Щ“	35	410	43,75	81,6	0,107	
„М-XII“	19	131	23,75	137,6	0,181	
„М-VI“	16	107	20,00	142,1	0,187	

При помощи табл. 3 (для указанных типов подводных лодок) можно решать все вопросы, связанные между регенерационной емкостью выпущенной порции воздуха и получаемым повышением давления, а также, наоборот, по замеренному повышению давления на-

ходить, какой регенерационной емкости соответствует выпущенный объем воздуха из системы ВВД.

В табл. 4 даны сведения о том, какое повышение давления произойдет в лодке при выпуске полного запаса воздуха из каждой самостоятельной группы и какова регенерационная емкость этой группы, отнесенная ко всему штату личного состава.

Таблица 4

Тип ПЛ	№ групп	Количество воздуха в группе $м^3$ при 1 *атм*	Повышение давления на		Регенерационная емкость в экипаже-часах	Примечание
			мм рт. ст.	*атм*		
„С“	1	136,7	192	0,25	2,4	Регенерационная емкость всего запаса до 16,8 экипаже-часов
	2	136,7	192	0,25	2,4	
	3	136,7	192	0,25	2,4	
	4	136,7	192	0,25	2,4	
	5	136,7	192	0,25	2,4	
	6	136,7	192	0,25	2,4	
	7	136,7	192	0,25	2,4	
„Щ“ (38 чел.)	1	130	243	0,32	2,7	Регенерационная емкость всего запаса до 16,8 экипаже-часов
	2	157	304	0,40	3,3	
	3	237	441	0,58	5,0	
	4	276	—	—	5,8	
„Щ“ (35 чел.)	1	130	243	0,32	2,9	Регенерационная емкость всего запаса до 18,1 экипаже-часов
	2	157	304	0,40	3,5	
	3	237	441	0,58	5,4	
	4	276	—	—	6,3	
„М-XII“	1	78	456	0,6	3,3	Регенерационная емкость всего запаса до 12,2 экипаже-часов
	2	68	380	0,5	2,8	
	3	68	380	0,5	2,8	
	4	78	456	0,6	3,3	
„М-XVI“	1	52	380	0,5	2,6	Регенерационная емкость всего запаса до 13,0 экипаже-часов
	2	52	380	0,5	2,6	
	3	52	380	0,5	2,6	
	4	52	380	0,5	2,6	
	5	52	380	0,5	2,6	

Вообще же количество воздуха, которое можно использовать из системы ВВД на регенерацию, зависит от многих обстоятельств, связанных с емкостью отдельных групп, фактическим давлением воздуха в них и объемом выпускаемого за один прием воздуха в отсеки. Зависимость эта довольно сложная, если емкости групп различны.

В самом общем виде эта задача может быть решена при помощи формулы, вывод которой произведен дальше.

6. Вывод формулы для вычисления количества воздуха высокого давления, возможного к использованию для целей регенерации

Примем, что на подводной лодке имеется n групп баллонов (или n отдельных баллонов, снабженных индивидуальными вентиляциями), с рабочим давлением на 200 *атм*.

Пусть водяная емкость каждой самостоятельной группы (v_k) и давление воздуха в них по манометру (P_k) соответственно будут:

$$v_1,\ v_2,\ v_3\ .\ .\ .\ v_k\ .\ .\ .\ v_{n-1},\ v_n\ л$$
$$P_1,\ P_2,\ P_3\ .\ .\ .\ P_k\ .\ .\ .\ P_{n-1},\ P_n\ атм.$$

Примем, что разовый выпуск воздуха из баллонов составляет $200\ v_0$ *л* при атмосферном давлении.

Условимся, что воздух в баллоне (или в группе), в который накачано хотя бы небольшое количество испорченного воздуха из отсека, к дальнейшему использованию на регенерацию непригоден.

Кроме того, не вводя никаких поправочных коэфициентов, будем считать, что везде учтены отклонения от закона Бойля-Мариотта.

Рассмотрим такой общий случай, когда в каждой самостоятельной емкости имеется некоторое разное количество воздуха, но везде больше того, что требуется на разовый выпуск, т. е., что

$$200\ v_0 < v_1P_1;\ 200\ v_0 < v_2P_2 \text{ и т. д. и } 200\ v_0 < v_nP_n.$$

Тогда из первой емкости можно выпустить $200\ v_0$ *л* воздуха и затем столько же накачать в нее при снятии давления из отсека.

Из второй емкости можно выпустить (порциями) столько воздуха, сколько нужно для того, чтобы повысить давление в первой емкости до полного (т. е. до 200 *атм*) и, кроме того, выпустить еще одну порцию $200\ v_0$ *л* и столько же накачать испорченного воздуха обратно во вторую емкость.

Точно так же можно поступить с третьей и всеми последующими емкостями.

Согласно указанным выше обозначениям, количество воздуха, возможное к использованию из каждой самостоятельной группы (емкости), будет определяться следующими выражениями:

из 1-й группы $= 200\ v_0$;
из 2-й группы $= 200\ v_0 + (200 - P_1)\ v_1$;
из 3-й группы $= 200\ v_0 + (200 - P_1)\ v_1 + (200 - P_2)\ v_2$;
из 4-й группы $= 200\ v_0 + (200 - P_1)\ v_1 + (200 - P_2)\ v_2 + (200 - P_3)\ v_3$
из $(n-2)$-ой группы $= 200\ v_0 + (200 - P_1)\ v_1 + (200 - P_2)\ v_2 + \ .\ .\ .$
$.\ .\ .\ + (200 - P_{n-3})\ v_{n-3}$;
из $(n-1)$-ой группы $= 200\ v_0 + (200 - P_1)\ v_1 + (200 - P_2)\ v_2 + \ .\ .\ .$
$.\ .\ .\ + (200 - P_{n-2})\ v_{n-2}$;
из n-ой группы $= 200\ v_0 + (200 - P_1)\ v_1 + (200 - P_2)\ v_2 + \ .\ .\ .$
$.\ .\ .\ + (200 - P_{n-1})\ v_{n-1}\ л.$

Складывая все эти выражения, получим формулу, определяющую количество воздуха, возможного к использованию ($B_{\text{исп}}$). Из всего наличного запаса:

$$B_{\text{исп}} = 200\ nv_0 + (n-1)(200 - P_1)\ v_1 + (n-2)(200 - P_2)\ v_2 +$$
$$+ (n-3)(200 - P_3)\ v_3 + \ .\ .\ .\ + 3(200 - P_{n-3})\ v_{n-3} +$$
$$+ 2(200 - P_{n-2})\ v_{n-2} + (200 - P_{n-1})\ v_{n-1}\ л \text{ при } 1\ ата.$$

Частные случаи:

а) Если емкость всех групп одинакова и давление в них полное, т. е. $v_1 = v_2 = v_3 = \ldots = v_n$ и $P_1 = P_2 = P_3 = \ldots = P_n = 200$ *атм*, то $B_{\text{исп}} = 200\ n\ v_0$ *л*.

Если при этом 200 v_0 меньше 200 $v_1 = 200\ v_2 = \ldots$ и т. д., то получается самый невыгодный случай использования запаса ВВД.

б) Если емкости всех групп одинаковы, а давление в них разное, т. е.

$$v_1 = v_2 = v_3 = \ldots v_n = v \text{ л, то}$$

$$B_{\text{исп}} = 200\ nv_0 + v\ [(n-1)\ (200-P_1) + (n-2)\ (200-P_2) + \ldots$$
$$\ldots + 2\ (200-P_{n-2}) + (200-P_{n-1})] \text{ л.}$$

в) Если одна из емкостей, например v_1, не имеет сжатого воздуха, т. е. $P_1 = 0$ *атм*, а объем ее равен или больше объема любой другой емкости, то при таких условиях

$$B_{\text{исп}} = P_2 v_2 + P_3 v_3 + \ldots + P_{n-1}\ v_{n-1} + P_n v_n \text{ л.}$$

Здесь имеется налицо случай полного использования всего запаса сжатого воздуха.

7. Принципиальный порядок использования запаса ВВД для целей регенерации

Использовать запас ВВД, вообще говоря, можно тремя способами:

1. Откачать некоторое количество воздуха из отсеков в какую-нибудь группу, а после этого выпустить из другой группы такую же порцию воздуха.

2. Выпустить некоторое количество воздуха в отсеки, а затем (по окончании выпуска) компрессором ВД снять избыток давления воздуха в ту же группу.

3. Выпускать воздух в отсеки, откачивая одновременно «испорченный» воздух из них в другую группу.

Первый способ наиболее эффективен в отношении исправления химического состава воздуха в отсеках, но приводит к тому, что воздух группы, в которую будет откачан испорченный воздух, сделается непригодным к использованию на регенерацию.

Этим самым регенерационный резерв в запасе ВВД будет резко сокращен.

Кроме того создание разрежения может привести к опасному для личного состава понижению парциального давления кислорода, о чем было упомянуто выше.

При втором способе имеет место временное повышение давления воздуха в отсеках за счет введения в тот же объем дополнительного количества воздуха из баллонов.

При этом произойдет повышение парциального давления кислорода и азота, а для углекислого газа оно останется практически неизменным.

Так как выпуск воздуха, естественно, будет начат при пониженном содержании кислорода в отсеках (17—16%), то повышение парциального давления кислорода, с физиологической точки зрения, может считаться только благоприятным явлением.

Недостаток же этого метода заключается в том, что за время выпуска воздуха из баллонов произойдет частичное смешение его с воздухом отсеков.

Поэтому результат исправления химического состава воздуха в отсеках будет снижен.

Третий способ является наиболее практичным и при удачном сочетании скоростей выпуска и откачки воздуха в отдаленных друг от друга местах может оказаться наиболее успешным.

Так как нужно полагать, что на практике во всех группах будет какой-то запас сжатого воздуха, то принципиальный порядок использования его на регенерацию воздуха представляется следующим:

1. Выпуск максимально-возможного количества воздуха из группы с наименьшим давлением.
2. Снятие давления воздуха компрессором в ту же группу.
3. Выпуск воздуха из другой группы с одновременной откачкой воздуха в первую группу с доведением давления в ней до рабочего (200 *атм*).
4. Дальнейший выпуск воздуха из последующих групп с одновременным снятием давления в предыдущую, уже использованную на регенерацию группу.

ВЫВОДЫ

1. Несмотря на относительно большие запасы воздуха в системе ВВД, регенерационная емкость их невелика.
2. Количество воздуха, возможного к практическому использованию, может быть значительно меньше того, которое заключается в наличном запасе и в основном зависит от емкости независимых групп, давления воздуха в них и от допустимого повышения давления воздуха в отсеках.
3. Все использованное на регенерацию количество воздуха из системы ВВД подлежит обратному нагнетанию его в баллоны компрессором, что связано:
   а) с расходом электроэнергии и
   б) с шумностью, демаскирующей подводную лодку.
4. К вторичному использованию на регенерацию воздух из системы ВВД непригоден и для этой цели требуется полное освежение всего запаса, что на походе вряд ли целесообразно и возможно.
5. Качество воздуха в системе ВВД, с регенерационной точки зрения, невысокое и при выпуске его требуется очистка, хотя бы фильтрованием через активизированный уголь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Запас воздуха высокого давления на подводных лодках можно рассматривать только как ограниченный по размерам и по возможности использования резерв регенерационных средств.

Поэтому учитывать его при расчете регенерационных средств на обеспечение похода не следует.

При необходимости создания резерва кислорода и патронов на походе этот метод следует применять при первых подходящих случаях, не рассчитывая на него, как на аварийный резерв.

ПРИЧИНЫ ВЗРЫВА ВОДОРОДА НА ПОДВОДНОЙ ЛОДКЕ „М-34“

М. М. ЧЕТВЕРТАКОВ
инженер-капитан I ранга

ПРЕДИСЛОВИЕ

В числе донесений о повреждениях на кораблях ВМФ во время боевых действий имеется описание случая взрыва водорода на подводной лодке «М-34» ЧФ, составленное инженер-капитаном 2 ранга Молявицким.

В этом документе обрисована обстановка, предшествующая взрыву, описана сама авария и размеры последствий ее, составлено заключение о причине взрыва и сделаны некоторые практические предложения.

Однако описание этого случая (в части изложения порядка наблюдавшихся явлений) заставляет нас считать, что взрыв произошел не по той причине, которая высказана в донесении.

Анализу этого случая и посвящена настоящая статья.

ОБСТАНОВКА ПЕРЕД ВЗРЫВОМ

В сентябре 1941 г. после выполнения боевого задания подводная лодка «М-34» (XII серии) возвращалась в базу под дизелем при 450 оборотах в минуту.

Во время этого перехода была начата зарядка аккумуляторной батареи при плотности электролита 1,160 — 1,165, с температурой 31° С и при напряжении 2,06 V по контрольным элементам. Сила зарядного тока на 1-й ступени составляла 600 А.

Эта батарея — 2МС-4 — была изготовлена заводом № 236 и установлена на лодку в августе 1940 г.

До рассматриваемого здесь случая батарея получила 70 условных циклов; отстающих элементов и вообще каких-либо дефектов у нее не имелось.

На переходе шахта батарейной вентиляции была закрыта и во время зарядки батарея вентилировалась в лодку при открытом рубочном люке. Для этого были приведены в действие судовой вдувной и батарейный вентиляторы с целью забора воздуха из обеих аккумуляторных ям и распределения его по отсекам.

Клинкеты и манипуляторы на вентиляционном трубопроводе, а также крышки на отростках вентиляционных труб в отсеках были поставлены в такое положение, при котором вдувной вентилятор, забирая воздух из обеих ям, нагнетал его в дизельный отсек по трубо-

проводу левого борта. Батарейный же вентилятор, включенный, как указано в донесении, «для улучшения вентилирования второй аккумуляторной группы», направлял воздух через перемычку (с фильтром-поглотителем электролита — ФПЭ) в трубопровод вытяжной вентиляции по правому борту.

Из этого трубопровода воздух выходил в дизельный отсек, в радиорубку, в центральный пост и в носовой отсек. При этом нужно заметить, что вентиляционный отросток в радиорубке крышки не имел.

В IV отсеке были включены приборы К-5.

Помимо ориентировки о концентрации водорода в IV отсеке по показаниям термометров приборов К-5, никаких дополнительных замеров процентного содержания водорода в местах возможного скопления его не производилось.

ОПИСАНИЕ ВЗРЫВА ПО ДОНЕСЕНИЮ

Спустя 6 час. 10 мин. после начала зарядки, когда до окончания ее осталось 25 мин. и измерения по контрольным элементам показали плотность электролита 1,245, температуру его 37,5° С и напряжение 2,76 V, радист во время передачи почувствовал запах гари, вслед за которым из-под стола, где находилась аккумуляторная батарея радиоустановки, пошел дым и показалось пламя.

Вахтенный, находившийся в центральном посту, также заметил пожар. Он же подал радисту резиновый мешок с дистиллированной водой для тушения огня, выключил рубильник электромотора судового вдувного вентилятора и начал докладывать вахтенному командиру о пожаре.

В момент доклада произошел незначительный по своей силе и глухой взрыв в районе второй группы аккумуляторов (в IV отсеке).

Через две минуты после обнаружения пожара была объявлена боевая тревога, вслед за которой зарядка аккумуляторной батареи была прекращена, а батарейный вентилятор и дизель остановлены.

К этому времени очаг пожара в радиорубке был потушен дистиллированной водой из резинового мешка.

В центральном посту распространился негустой дым.

ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЖАРА И ВЗРЫВА

У большинства элементов второй группы оказались выброшенными вентиляционные устройства (корзинки).

В верхней части баков трех элементов обнаружены трещины по углам и вырванная мастика.

Свинцовые оболочки трех проводников зарядного устройства радиоаппаратуры оказались расплавленными на протяжении 100 — 150 *мм*.

Ящик стеллажа аккумуляторной батареи для радиоустановки обуглился в районе расположения проводников радиоаппаратуры.

ПРИЧИНЫ ПОЖАРА, ВЫСКАЗАННЫЕ В ДОНЕСЕНИИ

В донесении указывается, что причиной пожара и взрыва было воспламенение водорода, накопившегося в ящике стола радиорубки. Источником воспламенения водорода явились искры, имеющие место при работе радиоустановки (в момент пожара была радиопередача).

От воспламенения водорода в районе радиорубки пламя по трубопроводу вентиляции передалось в аккумуляторную яму и вызвало взрыв водорода под крышками элементов.

Накопление взрывоопасной концентрации водорода стало возможным вследствие нарушения нормального вентилирования батареи, т. е. вентилированием не в атмосферу, а внутрь подводной лодки без учета особенностей вентиляционной системы.

Скопления водорода можно было бы избежать постановкой заглушки на отросток вентиляции аккумуляторной батареи радиоаппаратуры, выдуванием водорода, настольным вентилятором, проветриванием радиорубки и т. д.».

АНАЛИЗ АВАРИИ

Разберем прежде всего эффективность вентиляционных средств, действовавших во время зарядки.

Так как она близилась к концу, то нужно полагать, что батарейный вентилятор работал на полную производительность.

По спецификации производительность батарейного вентилятора составляет 600 *м*³/час при напоре 100 *мм* в. ст.

Но такую производительность можно получить только при работе вентилятора на шахту.

В данном же случае он работал не на шахту, а нагнетал воздух в трубопровод судовой вытяжной вентиляции через перемычку с фильтром ФПЭ, создающим значительное сопротивление. Поэтому естественно, что действительная производительность батарейного вентилятора была значительно снижена.

Вдувной вентилятор, производительностью 1100 *м*³/час при напоре 200 *мм* в. ст. (по спецификации), работал как вытяжной из аккумуляторных ям, но на какой скорости — в донесении не указано.

Расположение этих вентиляторов по отношению к всасывающему трубопроводу из аккумуляторных ям, различные сопротивления как на линии всасывания, так и на линиях нагнетания, а также резко отличающиеся характеристики самих вентиляторов вызывают сомнение в целесообразности включения батарейного вентилятора «для улучшения вентилирования второй аккумуляторной ямы».

Исходя из производительности вдувного вентилятора, вполне можно было ограничиться включением только его.

На самом деле, приняв, что на последней ступени зарядки весь ток, силою 150 А на 112 элементов последовательно расходовался исключительно на разложение воды электролита, имеем, что в час выделялось водорода

$$[H_2] = 0{,}418 \cdot 150 \cdot 112 = 7022 \text{ } л/\text{час} \ (0^\circ\text{C}, 760 \text{ } мм \text{ рт. ст.}).$$

Для того чтобы содержание водорода в вентиляционном воздухе не превышало 2,5%, достаточной была работа вентилятора на производительность Q, равную:

$$Q = \frac{7022 \cdot 100}{2{,}5 \cdot 1000} \approx 300 \ м^3/час.$$

Очевидно, что один вдувной вентилятор вполне мог обеспечить вентилирование обеих аккумуляторных ям.

Из-за отсутствия экспериментальных сведений, совершенно невозможно даже приблизительно установить, какую роль в вентилировании аккумуляторных ям играл в данном случае батарейный вентилятор.

Во всяком случае, безусловно, что главная масса воздуха забиралась вдувным вентилятором и шла по трубопроводу левого борта в дизельный отсек и значительно меньшая часть воздуха попадала через перемычку с ФПЭ в трубопровод правого борта за счет работы батарейного вентилятора.

Содержание водорода в трубопроводе левого борта и в первой аккумуляторной яме могло быть значительно меньше, чем во второй яме, в перемычке и в трубопроводе правого борта, так как производительность и условия работы вдувного вентилятора были несравнимо лучшими, чем для батарейного вентилятора.

Но, несмотря на это, можно определенно считать, что во время работы обоих вентиляторов не только взрывоопасной, но и воспламеняемой смеси водорода с воздухом в трубопроводе вентиляции не было.

Об этом свидетельствует тот факт, что до остановки вдувного вентилятора ни открытое пламя, ни искры в радиорубке воспламенения водорода в рубке и передачи пламени в ямы не вызвали.

Трудно представить себе также возможность «скопления водорода в ящике стола радиорубки», так как водород больше всех других газов склонен к быстрому распространению.

Кроме того радиорубка не была герметизирована и вдуваемый в нее воздух из ям имел свободный выход в центральный пост через открытую или только прикрытую дверь.

Это подтверждается тем, что вахтенный в центральном посту самостоятельно заметил пожар в радиорубке.

Центральный же пост имел наилучшие условия для вентилирования, так как рубочный люк был открыт и через этот отсек дизель и вентиляторы (через аккумуляторные ямы) забирали потребное для своей работы количество воздуха.

Так как дизель (38-К-8 работал при $N = 450$ об./мин., то при диаметре поршня $D = 0{,}300$ *м*, ходе его $H = 0{,}380$ *м* и коэфициенте заполнения цилиндра 0,8 объем воздуха, засасываемый дизелем в течение часа, составлял:

$$v = 8 \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot \frac{N}{2} \cdot 0{,}8 = 2320 \ м^3 \ час.$$

За счет такого потока свежего воздуха вентилирование III, IV и V отсеков должно было быть вполне эффективным.

Совершенно очевидно, что основным явлением в цепи событий, завершившихся взрывом, было возникновение пожара в радиорубке, вследствие неисправностей электропроводки радиоаппаратуры.

Появление дыма и обнаружение пламени указывает на то, что с момента возникновения причины пожара (предположим, короткое замыкание) прошло время, достаточное для того, чтобы возгорание могло развиться до появления открытого пламени, заметного из центрального поста. Следует отметить, что при этом ни воспламенения водорода в рубке, ни передачи взрыва в ямы не было.

Взрыв последовал очень скоро после того, как был выключен рубильник вдувного вентилятора.

Между моментом выключения рубильника и взрывом прошло, повидимому, всего несколько секунд, так как вахтенный только что начал докладывать о пожаре, как произошел взрыв.

Что же произошло за эти несколько секунд?

Из-за остановки вдувного вентилятора при продолжающейся зарядке батареи вся нагрузка по вентилированию обеих ям легла на батарейный вентилятор.

Но так как этот вентилятор подавал воздух из ям не в шахту батарейной вентиляции, а через перемычку с ФПЭ в трубопровод правого борта, то вследствие значительных сопротивлений, особенно со стороны ФПЭ, он не мог развить своей полной производительности.

Поэтому коцентрация водорода, интенсивно выделяющегося из аккумуляторов в конце зарядки, с выключением вдувного вентилятора стала быстро повышаться в трубопроводе перемычки и правого борта и достигла нижнего предела воспламеняемости.

Ввиду того что горючая смесь водорода с воздухом вдувалась также и в радиорубку, т. е. прямо на открытое пламя, то, естественно, что она воспламенилась и пламя прошло в обратном току воздуха направлении и горение водорода закончилось, к счастью, сравнительно слабым взрывом его под крышками элементов второй группы.

Повидимому, все это произошло так быстро, что в момент проскока пламени во вторую яму выключенный вдувной вентилятор продолжал еще вращаться по инерции.

Благодаря этому образование способной к воспламенению смеси в первой яме на это время было предотвращено и взрыв на нее не распространился.

ВЫВОДЫ

Разобранный здесь случай взрыва водорода на подводной лодке «М-34» произошел в сентябре 1941 г., т. е. в период действия ПУАБ-39 (Правил ухода за аккумуляторными батареями подводных лодок РКВМФ, изданных в 1939 г.).

Этими Правилами зарядка аккумуляторов как при стоянке лодки в базе, так и на походах допускалась только при условии вентилирования заряжаемой батареи в атмосферу по установленным для каждой серии лодок инструкциям и схемам.

Многолетняя боевая подготовка подводных лодок до Отечественной войны успешно выполнялась при обязательном соблюдении указанного условия зарядки и никаких новых требований по этому вопросу не внесла.

В частности, со стороны плавающего на лодках состава никогда раньше не выдвигалось требование по обеспечению зарядки аккумуляторных батарей на походе в таких условиях, когда вентилирование

ее в атмосферу может оказаться невозможным по условиям погоды или по другим соображениям.

Поэтому к началу текущей войны подобные варианты зарядки аккумуляторных батарей на подводных лодках разработаны не были и Правилами не предусматривались.

По той же причине вентиляционные схемы для таких условий не предусматривались, хотя в отдельных случаях (в частности, на подводных лодках типа «М» XII серии) оказались для этого приспособленными.

Таким образом, условия зарядки аккумуляторов на подводной лодке «М-34» в рассматриваемом случае оказались необычными со стороны вентилирования батареи, и, прежде чем начать зарядку, необходимо было самым внимательным образом продумать схему вентилирования и организацию контроля за содержанием водорода на всем пути потока воздуха с аккумуляторными газами.

В основном задача сводилась к тому, чтобы ни в одном месте не создавались бы очаги с концентрацией водорода выше установленных пределов (до 3,0% в ямах и в трубопроводах вентиляции и до 2,5% в отсеках) и чтобы избыток водорода сверх этих норм удалялся из воздуха отсеков лодки.

Первая часть этой задачи, естественно, должна быть разрешена правильной организацией потока свежего воздуха, поступающего в лодку через рубочный люк с направлением основной массы его в аккумуляторные ямы и из них в отсеки и наблюдением за концентрацией водорода в ямах, в трубах вентиляции и в отсеках.

Но так как одно вентилирование аккумуляторных ям и перемешивание воздуха между отсеками с целью равномерного распределения водорода по всей лодке неизбежно привело бы к быстрому нарастанию концентрации водорода до взрывоопасных значений, то естественно, что удаление избытка водорода сверх установленных норм по содержанию его в воздухе должно составлять столь же важную и обязательную часть задачи по обеспечению полной и безопасной зарядки, как и правильное вентилирование.

Понятно, что с избытком водорода, выделяющегося из аккумуляторов во время зарядки, совершенно не в состоянии справиться установленные на лодках приборы «К-5».

Производительность их для этого случая далеко не достаточна и они рассчитаны только на то, чтобы справиться с тем количеством водорода, которое выделяет батарея после окончания зарядки, т. е. когда она дает водорода в десятки раз меньше, чем в период окончания зарядки.

Поэтому единственной возможностью уничтожить избыток водорода остается сжигание его в дизеле.

Для этой цели необходима такая организация потока свежего воздуха, чтобы он, пройдя аккумуляторные ямы и обогатясь в известной мере водородом, в основной своей массе попал в дизельный отсек для использования его на питание дизеля.

Присутствие в воздухе, засасываемом дизелем, до 3% водорода не дает никаких оснований беспокоиться о нарушении работы двигателя (повышение давления вспышки, температуры отработанных газов и т. п.), так как тепловая нагрузка его за счет водорода увеличи-

вается приблизительно на 1%, считая от таковой по количеству сжигаемого топлива. Точно так же и режим сгорания топлива в цилиндрах практически не изменяется.

Поэтому метод удаления избыточного количества водорода путем сжигания его в дизеле должен быть признан принципиально правильным, вполне допустимым и наиболее простым.

При зарядке батареи при таких условиях возникает еще второе обстоятельство, с которым нужно считаться, а именно — унос кислоты (электролита) и попадание его в отсеки с воздухом из аккумуляторных ям.

Особенное значение это имеет при индивидуальной вентиляции аккумуляторов, и в таких случаях батарею нужно прежде всего переводить на общеямовую вентиляцию, путем отсоединения сосков от средних пробок.

Возвращаясь к рассматриваемому случаю, следует отметить, что использованная схема вентилирования была непродуманной и, вероятно, определилась непосредственно перед началом зарядки.

В частности, совершенно не к чему было подавать воздух из ям в носовые помещения (по трубопроводу правого борта).

Безусловной ошибкой, противоречащей требованию пункта 355-а ПУАБ-39 и приведшей к взрыву, было выключение вдувного вентилятора при продолжающейся зарядке батареи.

Зарядка была прекращена только через две минуты после выключения рубильника электромотора вдувного вентилятора, тогда как поступить следовало как раз в обратной последовательности.

Затем возникает вопрос, почему в этом, новом тогда для практики, случае зарядки не было уделено никакого внимания контролю за содержанием водорода в местах возможного повышения концентрации его.

В ПУАБ-39 было отведено вполне достаточное место вопросам по борьбе с водородом на подводных лодках и даже при нормальном вентилировании заряжаемой батареи в атмосферу пункт 133 ПУАБ-39 требовал периодического контроля за процентным содержанием водорода в трубах батарейной вентиляции каждой отдельной группы, а пункт 147 — также и в аккумуляторных ямах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение опыта боевых действий подводных лодок в Отечественной войне показало, что на походах возможны такие условия, при которых необходимо производить зарядку аккумуляторных батарей при закрытых шахтах батарейной вентиляции.

Это положение получило официальное признание и нашло отражение в пункте 58 ПУАБ-42, введенных в действие приказом НКВМФ № 190.

В этом пункте даны указания об условиях производства зарядки в таком, особенном, случае на походе.

Так как вентиляционные схемы могут иметь отличия на разных сериях подводных лодок одного и того же типа, то нужно иметь в виду необходимость точного выполнения инструкций, разработанных и проверенных опытом именно для данной серии.

При этом обязательно требуется проверить на каждой подводной лодке, не произошло ли в вентиляционных схемах каких-либо изменений против типовых в результате переделок и ремонта. Эти условия должны быть соблюдены в обеспечение безаварийной зарядки, представляющей собою напряженную по обстановке операцию.

Естественно, что все эти моменты должны быть предусмотрены в процессе постройки новых кораблей, и при составлении ТТЗ на проектирование новых типов и новых серий подводных лодок нужно вносить требование об обеспечении полных форсированных зарядок аккумуляторных батарей в условиях штормовой погоды.

ОТ РЕДАКЦИИ

Помещенная ниже статья инженер-майора С. В. Евгеньева подводит в историческом обзоре некоторые итоги работы КБФ по разработке и применению безобмоточного способа размагничивания подводных лодок в 1941 — 1942 гг. Автор кратко описывает впервые разработанный отечественный способ и его применение еще до поступления на КБФ методики, разработанной английскими специалистами. Помимо этого он освещает первые попытки добиться стабильности магнитного поля после размагничивания лодок путем обработок их также и во время зимних стоянок.

Взгляды автора не по всем вопросам совпадают с общепринятой методикой размагничивания, но представляют интерес с точки зрения возможных путей решения затрагиваемых проблем.

Офицерский состав службы размагничивания приглашается высказать свое мнение на страницах Бюллетеня по поднятым в статье инженер-майора С. В. Евгеньева вопросам.

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК НА КБФ ЗА 1941—1942 ГГ

С. В. ЕВГЕНЬЕВ
инженер-майор

Данная статья представляет собой попытку оценки мероприятий, проведенных на КБФ в области защиты подводных лодок от действия магнитных мин и учета имеемого опыта в этом направлении за два сезона: 1941 и 1942 гг.

Нецелесообразность для подводных лодок вообще, а для построенных — почти невозможность осуществить защиту от действия магнитных мин при помощи обмоток, применяемых для надводных кораблей, определилась в результате опытов, проведенных летом 1941 г. в Кронштадте.

Причинами этого, как теперь известно, являются:

1. Большое потребное количество кабеля для создания противомагнитной обмотки.

2. Невозможность для уже построенных подводных лодок разместить эту обмотку внутри прочного корпуса.

3. Большая потребная мощность для питания обмотки.

4. Большая уязвимость обмотки как в механическом, так и в электрическом отношении при расположении ее вне прочного корпуса.

Вследствие этого пришли к необходимости безобмоточного размагничивания подводных лодок при помощи наложения временной обмотки и пропускания через нее тока, достаточного для уничтожения вертикальной составляющей от постоянного вертикального намагничивания корпуса подводной лодки и сообщения ему остаточного вертикального намагничивания, направленного навстречу вертикальной составляющей индуктивного намагничивания.

Этот путь был проверен НТК в августе—сентябре 1941 г. в Кронштадте на подводной лодке «Щ-302» с положительными результатами, давшими основание решиться на претворение этого способа в жизнь и для других подводных лодок. Этим методом в сезоне 1941 г. НТК было проведено размагничивание подводных лодок «Щ-318» и «Щ-407». Осуществление размагничивания в более широком объеме было сорвано ранним ледоставом реки Невы в 1941 г. и тяжелой общей военной обстановкой в Ленинграде и Кронштадте.

Безобмоточное размагничивание подводных лодок по сравнению с размагничиванием кораблей при помощи постоянных размагничивающих обмоток (ПМЗУ) обладает следующими недостатками:

1) необходимостью систематического повторения процедуры размагничивания;

2) наличием изменяющейся во времени девиации магнитного компаса.

Из сведений об английской практике размагничивания стало известно, что стабильность размагничивания возрастает с числом проведенных процедур обработки кораблей безобмоточным способом.

По этим соображениям НТК предложено проводить размагничивание подводных лодок в ледовых условиях в местах зимней стоянки, что и было претворено в жизнь в феврале — марте 1942 г., когда в той или иной мере было обработано 20 подводных лодок.

С наступлением навигационного сезона 1942 г. работа по безобмоточному размагничиванию подводных лодок стала проводиться аппаратом технического отдела КБФ в лице станций беспроводного размагничивания СБР-11 и СБР-12. Работа проводилась согласно инструкциям УК ВМФ, в основу которых была положена ставшая известной и проверенная на других наших флотах английская практика размагничивания подводных лодок.

Станциями беспроводного размагничивания за сезон 1942 г. проделано большое число операций безобмоточного размагничивания методами «Уайпинг» и «Деперминг», материалы по которым позволяют сделать некоторые выводы, с одновременным сопоставлением их с выводами по предшествующим этапам работы.

Ниже дается более развернутая характеристика отдельных моментов работ по безобмоточному размагничиванию.

А. РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК В 1941 Г.

Для безобмоточного размагничивания была изготовлена петля из кабеля НРМ, создающая при источнике питания с напряжением 110 V 4500 ампервитков. Длина петли составляла 100 *м*, из расчета применения ее для всех типов подводных лодок. Подводная лодка обтягивалась петлей на уровне воды, излишек складывался бифилярно на верхней палубе, после чего через обмотку пропускался ток и производились замеры. Так как по условиям ограниченных глубин в месте обработки, замеры производились на незначительной глубине (до 4,5 *м*), при обрабстке добивались такого состояния, когда отрицательные значения остаточного поля под бортами становились равными положительным значениям остаточного поля под килем.

При необходимости более сильного воздействия в каком-либо месте лодки по ее длине кабель на требуемом участке топился (погружался) на необходимую глубину. После подбора наилучших результатов последние анализировались, определялась глубина защиты и давалась командиру лодки гарантия безопасного плавания.

При определении глубины защиты не учитывалось продольное индуктивное намагничивание, меняющееся с курсом корабля, ввиду неясной количественной зависимости этого намагничивания от курса корабля.

Поле считалось убывающим с глубиной по квадратичному закону, считая за начало координат точку, находящуюся на 1 *м* выше центра тяжести.

Эта зависимость также считалась неустановленной экспериментально и, следовательно, находящейся под большим сомнением, но, учитывая необходимость производить работу, хотя бы в ненормальных

условиях: на акватории с ограниченной глубиной, при отсутствии специального оборудования для производства обработки подводных лодок,— это было допущено до накопления экспериментальных данных по этому вопросу. В этот момент к задаче размагничивания подводных лодок подошли с таким решением: следует приступить к массовому размагничиванию лодок, не дожидаясь решения всех вопросов, связанных с размагничиванием лодок, одновременно форсируя и решение последних. Полезность такого размагничивания, хотя заведомо и не оптимального, была очевидна.

Из сравнения методики обработки лодок в этот период с методикой «Уайпинг», перенятой от англичан и предписанной позднее инструкциями УК в обязательное применение, неоспоримо следует, что принципиально они ничем друг от друга не отличаются, так как дают один и тот же результат для принятых норм глубины защиты.

Англичане искусственно создают очаги магнитного поля под днищем, обратного знака сравнительно с полем корабля (имеется в виду вертикальная составляющая, обусловленная вертикальным постоянным и индуктивным намагничиванием и отчасти продольным постоянным намагничиванием). Разница в том, что метод «Уайпинг» требует меньших ампервитков, благодаря созданию более широкой зоны намагничивания, но зато технологически более сложен и требует помимо руководителей работы наличия специально обученного контингента людей с большим количеством единиц.

В свете же требования уменьшения глубины защиты кораблей, — а это требование определяется мелководностью театра действий кораблей Балтики, — методика, разработанная НТК на КБФ и применявшаяся в 1941 г., в соединении с методикой «Деперминг» определяет лучшую перспективу достижения меньшей глубины защиты по сравнению с методом натирания бортов («Уайпинг»). Здесь не имеется в виду борьба с продольным индуктивным намагничиванием, явно непосильная ни тому ни другому методу и могущая быть осуществленной только курсовыми обмотками.

Анализ многочисленных результатов размагничивания, имеющихся в результате работы СБР-11 и СБР-12 за 1942 г., говорит об отличии характера распределения поля по глубине, создаваемого кораблем, от характера распределения поля, создаваемого намагниченной зоной. Это отличие тем резче, чем меньше глубина замеров. По этим соображениям, выгоднее источник компенсирующего магнитного поля (намагниченную зону) иметь значительно выше от днища корабля, чем это получается в результате «Уайпинга».

Кроме того, благодаря размагничиванию при помощи неподвижной обмотки, имеется перспектива нахождения такого положения ее, при котором отрицательные провалы поля под бортами будут сведены к минимуму.

И, наконец, благодаря применению более сильных по своему магнитному действию обмоток будет достигнута большая глубина зоны намагничивания корабля внутрь от бортов, что тоже может сыграть свою роль, имея в виду, что магнитное состояние корабля определяется не только наружной обшивкой корабля, но и всем внутренним его наполнением.

Вышеизложенное не является вполне доказанным экспериментально на сегодняшний день, но ясно одно, что практика размагничивания

подводных лодок методом «Уайпинг», с точки зрения достижения минимальной глубины защиты, имеет предел, определяемый отрицательными полями под бортами на малых глубинах и резким несоответствием законов убывания по глубине исходного поля корабля и компенсирующей его намагниченной зоны, созданной в результате натирания.

Последнее подтверждается присутствием значительно выраженных местных полей на малых глубинах и наличием таких фактов, когда с увеличением глубины замеров вместо ожидаемого уменьшения поля наблюдается увеличение поля.

По сути дела, теоретический предел уменьшения глубины защиты для кораблей определяется расстоянием от днища, на котором местные поля начинают резко сказываться. Собственное поле корабля изменяется с глубиной гораздо более плавно и закономерно, нежели компенсирующие поля в своей совокупности. Об этом говорит значительный экспериментальный материал, собранный по этому вопросу; хотя и не вполне полноценный в силу своей бессистемности.

Следовательно, в задачу обработки подводных лодок и кораблей вообще должно быть поставлено изыскание такого метода обработки или такого способа размещения обмотки, который начинал бы проявлять себя с точки зрения местных полей на тех же глубинах, что и корабль в неразмагниченном состоянии, и имел бы максимальное соответствие характеров убывания поля с глубиной на глубинах, больших глубины появления местных полей.

С точки зрения местных полей, повышение источника компенсирующего магнитного поля относительно днища корабля должно показать свое благотворное действие, а это повышение возможнее всего при применении методики обработки подводных лодок, осуществлявшейся НТК в 1941 г. Последняя, как уже указывалось выше, одновременно дает лучшую перспективу борьбы с отрицательными полями под бортами благодаря возможности регулировать положение временной обмотки относительно диаметральной плоскости корабля.

Оправдается ли в действительности весь этот прогноз, должны показать специальные исследования по этому вопросу, настоятельность проведения которых диктует жизнь одновременно с исканием новых путей уменьшения глубины защиты.

Говоря о задаче уменьшения глубины защиты и способах ее решения, следует помнить и о временных характеристиках поля под днищем. Чем меньше глубина защиты, тем меньше срок действия каждой обработки. Последнее ясно из того соображения, что одно и то же абсолютное изменение поля во времени будет происходить за разные промежутки времени, в зависимости от удаления от источника магнитного поля.

Поэтому борьба за уменьшение глубины защиты не должна отрываться и от борьбы за устойчивость обработки, а, наоборот, требует увеличить усилия в изыскании наилучшего метода повышения этой устойчивости.

Б. ЗИМНЕЕ РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

Как уже было сказано, размагничивание подводных лодок в зимних условиях было предложено из соображений повысить стабильность

размагничивания и увеличить срок плавания на гарантированной глубине после первых навигационных обработок подводных лодок.

Нормальный промежуток времени между первой и второй обработками, согласно английским данным, определяется продолжительностью в 3 недели. Промежутки времени между последующими обработками несколько возрастают, но не столь значительно, чтобы перекрыть возможную продолжительность автономного похода подводной лодки. Только после четвертой и пятой обработки срок действия размагничивания вырастает в величину, достаточную для удовлетворения этому требованию. Отсюда важно, чтобы каждую лодку к моменту выхода ее в море привести в такое состояние, когда можно будет считать, что она уже прошла достаточное количество обработок. Так как нормальных обработок с производством замеров и доведением поля до значений, определяемых нормами и инструкциями УК, в условиях зимы провести невозможно, остается путь производства размагничивания без замеров. При этом преследуется цель привить такое магнитное состояние подводной лодке, которое по знаку производимого им поля было бы противоположно нормальному состоянию лодки при отсутствии каких-либо искусственных воздействий. Некоторое перемагничивание при этом не только не страшно, но даже полезно, так как лодка после доведения ее поля до нормы, при возможности производить замеры, будет находиться под влиянием уже двух факторов: поля земли, вызывающего изменение поля в одну сторону, и сил упругости элементарных магнитов, вызывающих изменение поля в другую сторону.

Последние будут действовать только в том случае, если подводной лодке будет привито соответствующее стабильное магнитное состояние. Наблюдение за полем некоторых подводных лодок (типа «С»), сильно перемагниченных зимой и подошедших к первой нормальной обработке с сильными отрицательными полями, показывает, что некоторые из них имеют тенденцию изменять свое поле в сторону увеличения своих отрицательных значений, несмотря на действие земного поля, долженствующего оказывать обратное действие. Кроме этого использование зимнего размагничивания позволяет избежать «простоя» подводных лодок, вредного с той точки зрения, что подводной лодке дается длительный отдых в магнитном отношении, нарушающий выработанный англичанами и очевидно соответствующий действительности типовой график обработки подводной лодки во времени и, следовательно, исключающий возможность безоговорочного его распространения на нашу практику. Очевидно, что подводные лодки в английском флоте проходят обработку и наблюдение непрерывно в течение всего года и ввиду этого не нуждаются при назначении срока очередного размагничивания в поправках на длительное бездействие подводных лодок во время зимовки во льдах.

Зимнее размагничивание производилось тем же способом, что и на воде осенью 1941 г., с той лишь разницей, что нельзя было производить замеры поля под днищем.

Вокруг на уровне льда подводная лодка обтягивалась петлей из кабеля, излишек ее выкладывался бифилярно за носом или кормой корабля, питающие концы присоединялись к лодочной аккумуляторной батарее и при помощи лодочной аппаратуры в обмотку включался кратковременный ток.

При проведении этой работы были организованы замеры магнитного поля выше корпуса корабля, в надежде, что, систематически измеряя поле, можно будет составить заключение об устойчивости размагничивания во времени.

К сожалению, влияние местных полей на достижимых для производства замеров высотах оказалось настолько мощным, что не было никакой возможности сделать какое-либо заключение. Можно было бы, конечно, поставить целью изучить устойчивость местных приобретенных полей во времени, но для этого потребовалась бы сложная организация замеров с точной фиксацией как высоты подвеса прибора над палубой, так и положения его относительно палубы корабля, что является довольно сложным. Сами по себе местные поля, как это оказалось, обнаружили самое различное поведение как в пространстве, так и во времени.

Следовательно, организацией замеров выше палубы задача изучения стабильности поля не была решена и не могла быть решена, так как стабильность размагничивания в абсолютном значении является величиной переменной и зависящей от расстояния места измерения от источника магнитного поля.

Измерение поля над палубой было полезно с точки зрения осуществления контроля правильности включения временной обмотки, ибо практика показала, что из-за неправильной маркировки шин на ходовых станциях на некоторых подводных лодках («Щ-303», «Щ-304») подобные случаи были возможны. Помимо этого они все же позволяют сделать некоторые выводы, главным образом с точки зрения поведения местных полей.

Замеры над палубой производились в диаметральной плоскости при следующих высотах подвеса прибора: $^1/_2$, 1, $1^1/_2$ и 2 *м* над палубой корабля.

Кроме того был произведен ряд измерений поля на уровне льда за бортом подводной лодки и некоторые специальные замеры, о которых будет упомянуто ниже.

Не имея возможности приводить опытный материал ввиду его объема и малой показательности, вследствие множества всевозможных случайных и привходящих факторов, ниже приводятся лишь основные выводы, могущие иметь интерес.

1. Поля на измеряемых расстояниях от палубы (до 2—2,5 *м*) в основном обусловлены местными магнитными массами и поэтому не могут служить отражением общего магнитного состояния корабля. Эти поля проявляют себя по-разному с точки зрения характера изменения их и по расстоянию и по времени. Было замечено большое количество таких аномалий, когда отдельные места, при наличии общего размагничивания корпуса, по каким-то причинам намагничивались, обусловливая поле соответствующего знака в близлежащих участках пространства. Обнаружено, что местные поля, как правило, обладают резким затуханием как во времени, так и в пространстве.

С точки зрения использования этого вывода в практической деятельности как борьбы с угрозой от магнитных мин, этот вывод имеет тот интерес, что он позволяет заключить, что на близких расстояниях от днища местные поля проявляют себя совершенно аналогично: точно так же характерны всякого рода аномалиями, точно так же пестры по характеру изменения поля и с расстоянием и во времени и, следова-

тельно, повидимому, не позволят осуществить защиты на очень близких от днища расстояниях, и точно так же не отражают общего магнитного состояния корабля. Поле подводной лодки до размагничивания (за бортом подводной лодки на уровне льда) убывает по некоторой кривой с одинаковым, примерно, затуханием для всех лодок даже и различных типов.

Это поле практически становится близким к земному на расстоянии 10—12 *м* от борта подводной лодки. Примерная зависимость этого поля от расстояния изображена на рис. 1.

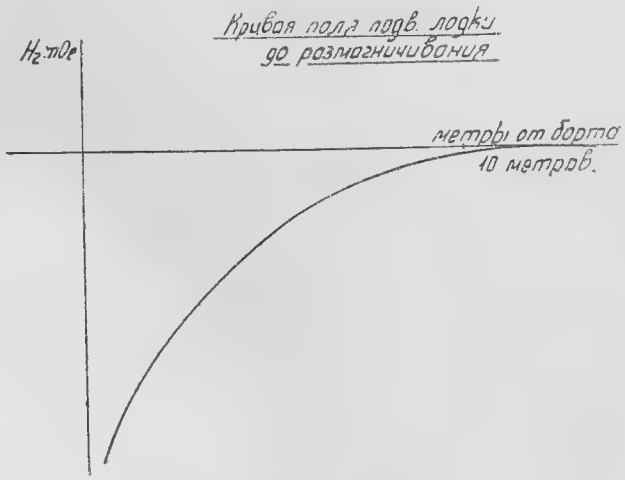


Рис. 1.

Поле подводной лодки за бортом после размагничивания имеет положительный знак и у различных подводных лодок обладает различным затуханием.

На рис. 2 приведены кривые изменения поля за бортом для подводных лодок «С-7», «С-12» и «Щ-405».

Поле подводной лодки «С-7» приближается к земному на расстоянии 10—12 *м*. Поле подводной лодки «С-12» становится равным земному уже на расстоянии 4 –5 *м*, практически не меняя знака на больших расстояниях.

Кривая поля подводной лодки «Щ-405» на расстоянии 6 и более метров меняет знак и почти сливается с кривой поля, имевшегося до размагничивания подводной лодки, т. е. на расстояниях больших 4—5 *м* подводная лодка уже ведет себя совершенно как неразмагниченная. Проводя аналогию с характером изменения поля под днищем, можно ожидать, что и там в какой-либо степени возможны подобные явления.

Вышеизложенное лишний раз говорит о том, что, с одной стороны, к задаче чрезмерного уменьшения глубины защиты следует подходить осторожно, а с другой стороны, это говорит о том, что пестрота в поведении местных полей определяет и практическую невозможность компенсации их на малых расстояниях от днища. Однообразие характера изменения поля на размагниченных лодках лишний раз подтверждает

уже излагавшийся довод, что естественное поле корабля изменяется с расстоянием значительно плавнее и закономернее, чем поля намагниченной зоны.

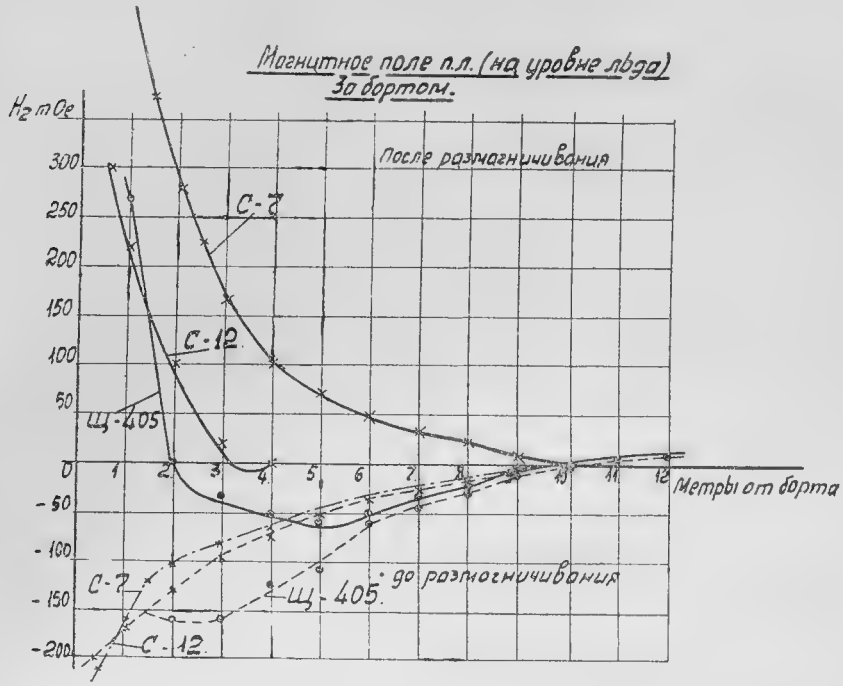


Рис. 2.

2. Стабилизация магнитного состояния подводных лодок в результате зимнего размагничивания повышается.

Последнее подтверждается весенними и летними замерами магнитного поля, произведенными СБР на чистой воде при производстве нормальных обработок. Особенно показательными явились подводные лодки типа «С», которым при зимнем размагничивании давались значительные ампервитки (до 9000). Эти лодки подошли к своей первой навигационной обработке с небольшими полями, а в носовой и кормовой части даже с слишком заметно выраженными отрицательными полями, несмотря на значительный срок, прошедший от момента зимнего размагничивания (до полугода). Последующие замеры также не показали заметного роста поля, а в отдельных местах даже обнаружили тенденцию изменения поля в отрицательную сторону.

Подводные лодки типа «Щ» показали меньшую эффективность зимнего размагничивания, во-первых, потому, что ампервитки для них оказались явно недостаточными (4000—4500), а, во-вторых, потому, что подводные лодки типа «Щ» большей частью в силу их расположения пришлось размагничивать в сдвоенном виде, наложением одной петли на две лодки сразу. От поочередного размагничивания двух рядом стоящих лодок пришлось отказаться после первого же опыта на основании замеров поля выше палубы. Оказалось, что эффект размагничивания

лодки немедленно исчезает при размагничивании соседней подводной лодки.

Были предположения, что зимнее размагничивание дает следующие недостатки:

а) поле подводной лодки в результате зимней обработки будет приведено в такое состояние, которое не даст возможности исправить его последующими нормальными обработками и, следовательно, затруднит достижение установленных норм защиты лодки;

б) сдвоенное размагничивание рядом стоящих лодок безусловно недопустимо из-за сообщения лодкам асимметрии магнитного поля под бортами.

Опыт работы СБР показал, что эти опасения не подтвердились. Подводные лодки, размагничивавшиеся зимой, совершенно в той же мере, что и не размагничивавшиеся, подвергаются обработке методом «Уайпинг» и «Деперминг». Протоколы же замеров исходного поля лодок, подвергавшихся зимнему размагничиванию в сдвоенном виде, говорят об отсутствии какой-либо магнитной асимметрии под бортами, показав лишь незначительную эффективность такого размагничивания.

Вышеизложенное убеждает в целесообразности практиковать зимнее размагничивание с внесением в методику производства его ряда корректив, а именно:

а) размагничивание следует производить несколько увеличенными амперитками по сравнению с практиковавшимся в 1942 г.:

для подводных лодок типа «С» — не менее 9000—10000 ампервитков,
« «Щ» — не менее 6000—7000 »
« «М»—не менее 4000—5000 »

б) при расположении двух подводных лодок рядом размагничивание следует производить одной петлей по схеме (рис. 3), исключающей возможность появления какой-либо асимметрии поля под бортами.

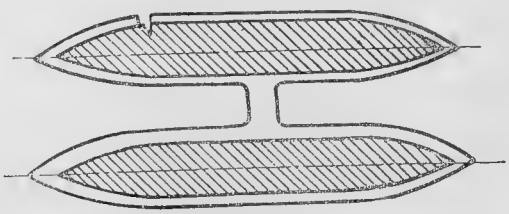


Рис. 3.

3. Наблюдение за устойчивостью магнитного состояния, привитого размагничиванием, составленное на основании замеров поля выше палубы и, следовательно, относящееся к местным магнитным полям, говорит о разнообразии временных характеристик местных магнитных полей.

В то время как одни проявляют значительную устойчивость приобретенного остаточного поля, другие характерны быстрым спадением его, что не позволяет сделать обобщенного вывода о стабильности привитых подводным лодкам остаточных магнитных полей и определить количественную зависимость величины остаточного поля от времени, прошедшего с момента размагничивания.

В этом вопросе безусловное влияние оказывает вибрация из-за работы отдельных механизмов, случайные сотрясения отдельных участков лодок, частичный предупредительный ремонт отдельных элементов оборудования лодок и т. д.

4. Зимнее размагничивание лишний раз на большом количестве опытов подтверждает уже известный факт, что продолжительность воздействия тока на корпус лодки влияния не оказывает и что значение имеет только первый толчок тока и величина последнего. Количество толчков также почти не имеет никакого значения.

После 2—3 толчков наступает такое состояние, когда уже последующие толчки совершенно не оказывают влияния. Иногда даже при очередном следующем включении фиксировалась несколько меньшая напряженность поля, чем это было при предыдущем включении. Это указывает на явную неустойчивость магнитного состояния в момент сразу после выключения обмотки.

В. НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ РАБОТЫ СБР-12

Анализ большого количества протоколов размагничивания, накопленного в результате работы станций беспроводного размагничивания СБР-11 и СБР-12, приводит к необходимости сделать следующие важные выводы.

1. Работа станций беспроводного размагничивания, базирующихся на реках, нуждается в специальных инструкциях, учитывающих особенности производства замеров на течении и в специальной измерительной аппаратуре. В этом отношении показательно сравнение протоколов измерений поля станции СБР-12, производившей работу на реке Неве у Арсенальной набережной в Ленинграде, и станции СБР-11, базирующейся на спокойной воде без течения в Кронштадте.

Точность измерения станции СБР-12 явно неудовлетворительна, что подтверждается следующими фактами:

а) Измерение курсовой разницы, произведенное на значительном количестве подводных лодок, показывает форму ее, не соответствующую действительности. Вместо характера изменения курсовой разницы по длине корабля, согласно рис. 4, в весьма большом числе случаев

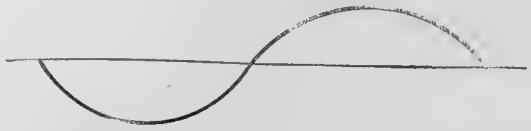


Рис. 4.

(«Щ-305», «Щ-309», «Щ-310», «Щ-323» и т. д.) данные измерения показали резко отличную форму курсовой разницы, приближающуюся к кривой, изображенной на рис. 5.

Замеры курсовой разницы кораблей на станции СБР-11 такого искажения не показали.

б) Сравнение двух смежных по времени замеров поля нередко показывает не соответствующее действительности изменение поля с временем, не могущее быть оправданным какими-либо другими причинами.

Вместо естественного повышения поля к каждому следующему измерению, в ряде случаев («Щ-323») наблюдалось почти повсеместное

уменьшение поля сравнительно с предыдущими замерами. У СБР-11 подобных ненормальностей резко не замечалось. Эти факты могут быть объяснены исключительно отличными условиями работы станций СБР-11 и СБР-12.

Станция СБР-12 производит замеры на реке со значительным течением, тогда как СБР-11 дело имеет с неподвижной водой.

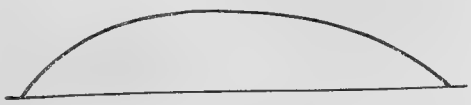


Рис. 5.

Наличие течения определяет не только ошибку в отсчете значения вертикальной составляющей магнитного поля, — а это имеет место из-за отклонения от вертикального положения благодаря течению, — но и ошибку в установке задаваемой глубины замеров (при определении последней по меткам на тросах, к которым подвешивается прибор), а также и ошибку в установке прибора по отношению к кораблю.

При наличии такого количества факторов, вносящих погрешность, повторяемости значений измерения можно ожидать лишь при неизменном положении корабля, производстве измерений одной и той же аппаратурой и гидрографическим соответствием обстановок измерения.

Для обеспечения вполне удовлетворительных результатов измерения, а следовательно, и полноценности размагничивания кораблей эти условия по возможности следует выдерживать. Конкретные рецепты должны быть отражены в специальной инструкции, регламентирующей работу станции, работающей на течении. Измерительная аппаратура также должна быть приспособлена для производства измерений. В этом отношении заслуживают одобрения мероприятия, осуществленные Ленинградским филиалом Физико-технического института.

При производстве измерений прибором «Пистоль» последний заключается в специальный колокол из немагнитного материала, предохраняющий прибор от давления текущей воды, вызывающего отклонение прибора из вертикального положения. Произведенные в Кронштадте измерения магнитного поля прорывателя «Амгунь» вертушкой системы ЛФТИ и в Ленинграде на Неве прибором «Пистоль», подвешенным в колоколе, показали повсеместное совпадение результатов измерения, чего совершенно не было при измерениях поля этого прорывателя при измерениях «Пистолем» без колокола.

При использовании вертушки системы ЛФТИ Ленфилиалом ФТИ предложена конструкция кожуха с так называемым «килем» и обтекателями.

Назначением «киля» является установка прибора строго по направлению течения, что исключает угловое смещение прибора относительно оси вращения вертушки. Назначением обтекателей является обеспечение спокойной работы прибора из-за возможной турбулентности воды в районе нахождения приборов. Разработка типовых конструкций измерительной аппаратуры является остро насущным вопросом на сегодняшний день, ввиду значительного числа станций беспроводного размагничивания, принужденных производить работу на реках. В упомянутой

инструкции, в которой нуждаются эти станции, должны быть рекомендованы типовые конструкции измерительной аппаратуры, равно как и системы подвеса приборов, долженствующих обеспечивать повторяемость установки приборов под кораблем в одном и том же месте, даже при изменении гидрографической обстановки измерения. Последняя может происходить при изменении уровня воды в реке, перемене положения корабля (например при замерах корабля на двух курсах).

2. Качество обработки подводной лодки не всегда достаточно. Обработка, уменьшая, как правило, значение поля по длине лодки в целом, не всегда характеризуется удовлетворительным магнитным состоянием в оконечностях. При вторичных размагничиваниях корабля даже имеет место ухудшение магнитного состояния отдельных мест корабля. Не всегда используются все возможности для уничтожения остающихся пиков поля, определяющих в конечном счете паспортную глубину защиты, особенно, если эти пики наблюдаются в оконечностях, где курсовая разница имеет максимальное значение.

В целом, анализируя работу СБР по размагничиванию подводных лодок за 1942 г. на Балтике, можно сделать заключение, что, применяя методы «Уайпинг» и «Деперминг», при достаточной тщательности обработки можно достигнуть следующих глубин защиты:

для подводных лодок типа «Щ» — 9 *м.*
» «С», «Д», «К», «Л» — 11 *м.*
» «М» — 7 *м.*

Сама по себе организация станций, как органов флота, производящих размагничивание, безусловно себя оправдала и нуждается лишь в расширении сети станций.

Важнейшей задачей станции является усиление научно-исследовательской работы, с одной стороны, и, с другой стороны, такой организации повседневной производственной работы, которая позволила бы использовать результаты этой работы для производства ряда необходимых обобщений в части определения возможного сокращения глубины защиты и в части изучения устойчивости обработки, суждение о котором на основании имеющихся протоколов составить пока что почти невозможно. Причинами этого являются:

а) Отсутствие разделения объектов по станциям.

В результате работы 1942 г. не имеется почти ни одного объекта, который проходил бы обработку на одной станции. Обработка же, обусловленная условиями акватории станции, производится в неодинаковых условиях как по глубине, так и по другим условиям чисто субъективного характера, могущим влиять на однородность ошибок измерений (разная измерительная аппаратура, разный оперирующий персонал и т. д.).

б) Наличие погрешности в измерении поля на течении. Последнее особенно существенно, так как данные наблюдения за каким-либо объектом, будучи вкрапленными даже в относительно верные замеры, затруднят какое-либо обобщение.

в) Отсутствие необходимой тщательности в точной установке прибора под кораблем всегда в одних и тех же заранее принятых местах. То же и в части глубины установки прибора. Осуществляемая точность вполне допустима с точки зрения определения глубины замера, но явно недостаточна для изучения устойчивости магнитного состояния подводной лодки, привитого в результате обработки.

г) Наличие ненормальностей в организации полного учета всех факторов, могущих иметь влияние на устойчивость магнитного состояния, равно как и на производство других обобщений. В органах, производящих сбор конкретных документов по размагничиванию (ТО КБФ), на сегодня не только нет регистрации подобных фактов, но даже нет полностью всех протоколов обработки по значительному числу объектов.

Анализ данных обработки лодок типа «Щ» позволяет сделать ряд выводов.

А. В части точности измерений и качества обработки лодок

1. Точность измерений явно неудовлетворительна. Это подтверждают следующие факты.

Во-первых, измерение курсовой разницы, произведенное на подводных лодках «Щ-305», «Щ-309», «Щ-310», «Щ-323». Вместо законного характера формы изменения курсовой разницы по длине корабля, изображаемого рисунком № 6, данные измерения показывают во всех

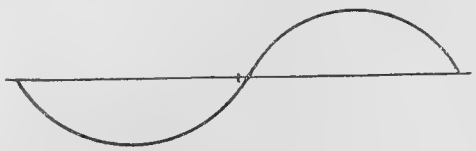


Рис. 6.

указанных случаях форму курсовой разницы, изображенную рисунком № 7.

Во-вторых, сравнение двух смежных по времени замеров у подводных лодок «Щ-323», «Щ-302», «Щ-407». У подводной лодки «Щ-323» замеры магнитного поля, произведенные 17.08.42 г., показывают почти повсеместное уменьшение поля по сравнению с замерами 1.08.42 г., тогда как, учитывая первоначальную форму поля, возможно лишь повышение магнитного поля. Это же, хотя и в меньшей степени, показывают результаты измерений поля у подводных лодок «Щ-302» и «Щ-307».

Рис. 7

Неудовлетворительная точность измерений объясняется не только неточностью измерительной аппаратуры и квалификацией оперирующего персонала, но главным образом, условиями, в которых производятся замеры, — наличием течения и неприспособленностью измерительной аппаратуры к замерам на течении.

2. Качество обработки лодок не всегда достаточно. Обработка, как правило, уменьшая значение поля по длине лодки в целом, не всегда характеризуется удовлетворительностью магнитного состояния корпуса в оконечностях. При вторичных размагничиваниях корабля, когда даже имеет место ухудшение магнитного состояния корпуса корабля (корма—

у подводной лодки «Щ-302», нос — у «Щ-310»), стремления к тщательности обработки корабля в оконечностях не наблюдается, тогда как наличие продольного индуктивного намагничивания (курсовой разницы) определяет обратное требование.

Кроме того, добиваясь в целом благоприятных значений поля, у некоторых лодок не используют всех возможностей для уничтожения какого-нибудь одного пика кривой поля, определяющего паспортную глубину защиты (например, нос у подводной лодки «Щ-309», нос у «Щ-310» при обработке 21.08.42 г.).

Оценка результатов обработки подводных лодок типа «Щ», произведенной на СБР-12, позволяет сделать заключение, что для большинства подводных лодок этого типа тщательностью обработки можно добиться защиты в 9 *м*.

Б. В части изучения стабильности результатов размагничивания и выяснения закона изменения магнитного поля по глубине

1. Выводы по стабильности результатов размагничивания сделать на основании произведенных замеров невозможно главным образом в силу неудовлетворительной точности измерений, о которой сказано в п. 1 раздела А. А именно, результаты измерения в ряде случаев показывают увеличение поля вместо законного уменьшения. Тех же измерений, которые показывают естественное изменение магнитного состояния, недостаточно для производства обобщенного вывода.

2. Закон убывания поля по глубине еще в какой-то мере наблюдается для первичного состояния корабля (исходного поля), т. е. при наличии сравнительно большого избыточного поля (см. кривые поля подводных лодок «Щ-306» и «Щ-307»). В самом деле, кривая поля, замеренного на большей глубине, проходит пропорционально ниже кривой поля для меньшей глубины.

Однако при производстве практической работы интересно иметь закон для малых полей, получающихся после обработки подводных лодок. Как показывают все кривые, этого закона нет и, повидимому, быть не может. Действительно, налицо самые произвольные пересечения кривых поля для большей и меньшей глубины.

Главной и основной причиной невозможности установить закономерность убывания поля с глубиной для обработанного состояния корпуса является то обстоятельство, что измеряемое поле (результирующее) обусловливается действием двух нетождественных источников МДС, а именно самого корпуса и той области корпуса, которая создана в результате обработки. Поле, создаваемое этими источниками, убывает по глубине по-разному, причем особенно сильно варьирует изменение поля на глубине от действия намагниченной зоны в результате обработки лодки. Это вполне естественно, так как нет идентичного строения корпуса и нет идентичной обработки лодки. В силу этих причин установление глубины защиты нельзя производить на основании пересчета поля, а следует производить только на основании замеров, произведенных на глубине, равной глубине защиты.

Имеет значение также и степень точности измерения поля, складывающаяся из степени точности самого отсчета поля, из степени точности установки прибора по глубине и степени точности установки

прибора относительно корпуса. Ошибки, обусловливаемые суммой этих обстоятельств, соизмеримы с величиной измеряемого поля и затрудняют возможность сравнения двух замеров, произведенных для разных глубин.

СПУСК НА ВОДУ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ „М-90“

О. Ф. ЯКОБ
инженер

I. ОБЩИЕ УСЛОВИЯ СПУСКА

Незадолго до начала войны подводная лодка «М-90» (XII серии) была поднята на стенку завода им. А. А. Жданова для выполнения ряда работ. Подъем лодки был произведен двумя плавучими кранами.

При приближении линии фронта к Ленинграду стоящая на стенке лодка, на которой к этому времени были полностью закончены все работы, оказалась в пределах видимости с наблюдательных пунктов противника и на расстоянии прямого выстрела его артиллерии.

Несколько прикрытая элингом завода лодка тем не менее все время находилась под угрозой ее повреждения или уничтожения не только бомбежкой с воздуха, но и прямым артиллерийским огнем противника. В этих условиях спуск лодки на воду с помощью плавучих кранов был абсолютно невозможен. При первом приближении к месту расположения лодки плавучие краны были бы немедленно уничтожены артиллерией противника. Боковой спуск на воду был также невыполним из-за отсутствия в месте расположения лодки каких-либо спусковых устройств. Сооружение обычных спусковых дорожек было невозможно. Размеры и конфигурация стенки, глубины бассейна требовали производства свайных работ, выполнить которые не представлялось возможным не только из-за большой их трудоемкости, но главным образом по условиям непосредственной близости лодки к линии фронта.

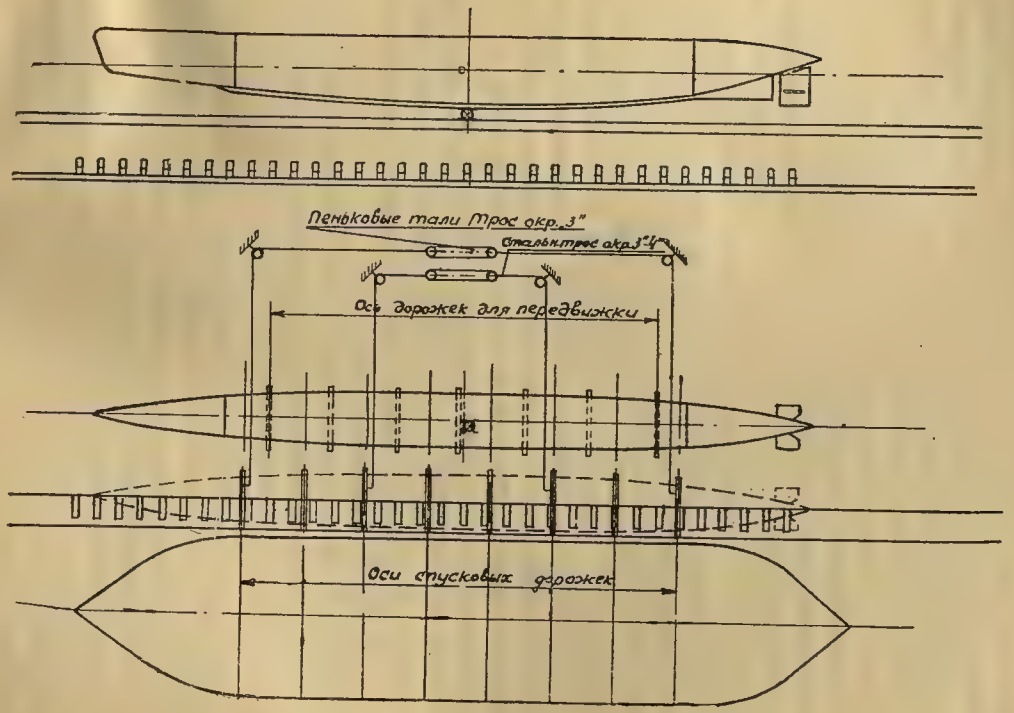
В результате сложившихся условий лодка, вполне готовая для выполнения боевых задач, не только не могла быть использована командованием по своему прямому назначению, но и сама подвергалась ежечасной опасности быть уничтоженной.

Конструкторское бюро завода им. А. А. Жданова, на территории которого стояла лодка, разработало и предложило командованию произвести спуск лодки на воду методом, никогда раньше не применявшимся.

Основной идеей предложенного метода было применение для спусковых дорожек, вместо свайного основания, плавучей опоры.

В качестве плавучих опор, на которые должны быть оперты спусковые дорожки, первоначально предполагалось использовать цилиндрические судоподъемные понтоны ЭПРОН'а.

Однако невозможность получения для этой цели подобных понтонов заставила применить те плавучие средства, которые могли быть получены в условиях блокады.


Пеньковые тали Трос окр. 3"
Стальн. трос окр. 3"
Ось дорожек для передвижки
Оси стусковых дорожек

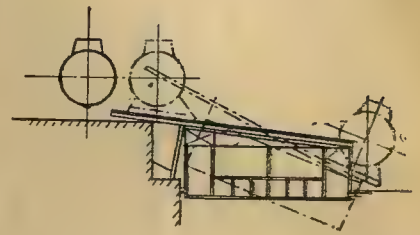


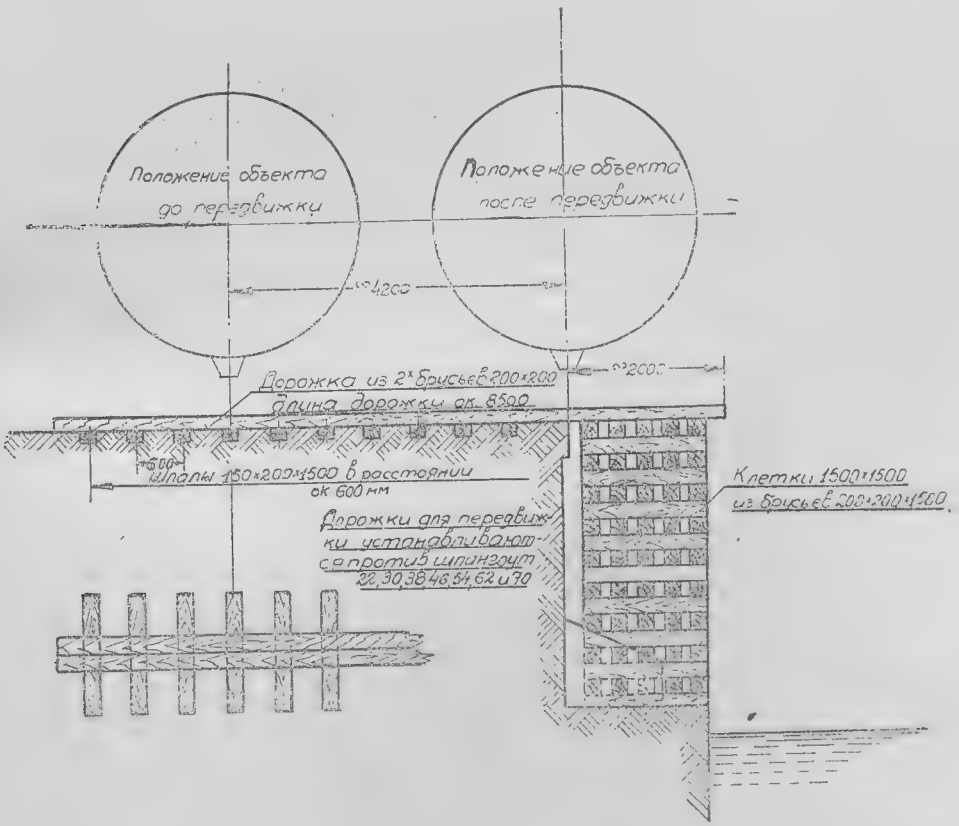
Рис. 1.

Единственно, что удалось получить, — это деревянную баржу размерами 48×9,7×3,2 *м*. Эта баржа и была успешно использована для спуска подводной лодки (рис. 1).

II. МЕТОД СПУСКА

Подводная лодка стояла на стенке достроечного бассейна завода им. А. А. Жданова на деревянных кильблоках параллельно кромке стенки.

Отстояние диаметральной плоскости лодки от кромки стенки составляло 4,2 *м*, высота от грунта до нижней кромки киля — 0,7 *м*. Стенка имела высоту от нормального уровня воды около 3,7 *м*, причем в нижней своей части у самого уреза воды имела выступ шириной около 1,8 *м* (рис. 2).



Дорожки для передвижки М-90

Рис. 2.

Идея намеченного спуска состояла в следующем.

Лодка придвигается вплотную к кромке набережной. Для возможности большего продвижения лодки к воде на уступе стенки укладываются клетки. После передвижки лодки, к стенке подводится баржа.

Со стенки по барже, заканчиваясь на противоположном от стенки борту, перекидываются спусковые дорожки, по которым лодка и спускается на воду. Начальный уклон спусковых дорожек должен быть таким, чтобы обеспечить страгивание лодки и начало ее движения.

По мере движения лодки по спусковым дорожкам осадка баржи под действием веса лодки увеличивается и уклон спусковых дорожек возрастает. Движение лодки происходит как бы по стапелю, имеющему прогрессивно-возрастающий уклон. Крена баржи на обращенный к стенке борт не происходит, так как этому препятствуют спусковые дорожки, опирающиеся о стенку.

После прохождения лодкой диаметральной плоскости баржи наступает второй период спуска, когда под действием кренящего момента, создаваемого весом лодки, баржа начинает получать крен на борт, противоположный стенке. Получающийся крен, которому не препятствует ничто, кроме остойчивости самой баржи, быстро растет, концы спусковых дорожек, ранее опиравшиеся о стенку, отделяются от нее, уклон спусковых дорожек резко увеличивается, скорость движения лодки все возрастает. Лодка подходит к борту баржи и соскакивает с нее. При этом из-за полученного баржей крена высота надводного борта ее снижается и величина прыжка лодки уменьшается. Но зато, в отличие от нормального бокового спуска, корабль подходит к порогу, имея уже крен, величина которого равна крену, полученному баржей под действием веса лодки. Общий угол крена при падении в воду может достигнуть весьма большой величины. На это обстоятельство должно быть обращено особое внимание.

III. БАРЖА, ПРИМЕНЕННАЯ ДЛЯ СПУСКА

Примененная для спуска баржа имела следующие размеры: длина — 48,0 *м*; ширина — 9,7 *м*; высота борта — 3,2 *м*, осадка порожнем — около 0,5 *м*.

Размеры этой баржи не вполне подходили к намеченной цели.

Большая ее ширина и высота борта, при наличии уступа стенки, не позволили создать достаточный начальный уклон. Высота стенки при нормальном уровне воды составляла 3,7 *м* надводный борт баржи — 2,7 *м*.

Отстояние наружного борта баржи от верхней кромки стенки составляло около 11,7 *м* (рис. 3).

Таким образом начальный уклон мог быть только

$$\sim\alpha = \frac{3{,}7-2{,}7}{11{,}7} = 0{,}085.$$

Такой уклон не мог считаться достаточным, тем более что вопрос качественной насалки стоял весьма остро из-за крайней дефицитности материалов, обычно применяемых для приготовления насалки.

Вопрос осложнялся еще и тем, что в осеннее время уровень воды держался обычно выше ординара. Выжидать спада воды было бы крайне нежелательно, так как все работы необходимо было провести елико возможно быстро, не привлекая внимания противника, который, заметив приготовления к спуску лодки, легко мог бы помешать работам и уничтожить лодку артиллерийским огнем.

Для увеличения начального уклона на баржу был принят твердый балласт в количестве около 100 *т*, который, с одной стороны, увеличивая осадку баржи, уменьшал высоту надводного борта, с другой стороны, расположенный несимметрично относительно диаметральной

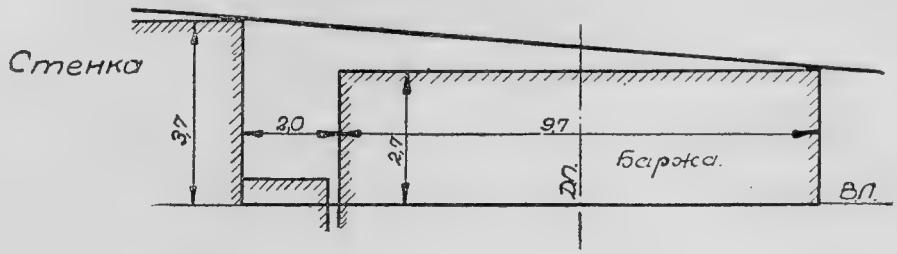


Рис. 3.

плоскости, создавал крен баржи на борт, противоположный стенке, и этим еще увеличивал уклон спусковых дорожек. Увеличение уклона было крайне необходимо, так как всякое замедление скорости движения лодки могло грозить аварией. Остановка лодки после начала ее движения и недостаточная скорость при прохождении порога вызвали бы неминуемую катастрофу. Во избежание этих случайностей, принятием твердого балласта барже была дана такая осадка и крен, чтобы в момент спуска уклон спусковых дорожек составлял не менее 0,17.

Большое внимание было уделено прочности самой баржи. Баржа имела продольный набор, состоявший из двух обшитых досками бортовых ферм, одной диаметральной и из четырех непрерывных днищевых стрингеров. Все эти связи были использованы как основания для крепления спусковых дорожек, опертых с помощью клеток на борта и продольные переборки, с помощью лежней — на диаметральную ферму и с помощью вертикальных стоек — на днищевые стрингера.

Все связи баржи были тщательно осмотрены и оказались в хорошем состоянии, так как баржа незадолго до этого вышла из капитального ремонта.

IV. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ СПУСКА

Расчет крена баржи. Ввиду отсутствия чертежей примененной для спуска баржи, ее теоретические элементы определялись приближенно. Однако, ввиду того что баржа имела прямоугольные поперечные сечения и ватерлинии лишь слегка заостренные в оконечностях, такой метод расчета мог считаться для поставленной цели достаточно точным.

Были вычислены следующие элементы баржи.

Баржа порожнем

№ п/п.	Элементы	Обозначения	Значения
1	Водоизмещение	V $м^3$	$V=0{,}9\cdot L\cdot B\cdot T=0{,}9\cdot 48\cdot 9{,}7\cdot 0{,}5=200$ $м^3$
2	Момент инерции В. Л.	I $м^4$	$I=0{,}9\frac{B^3\cdot L}{12}=0{,}9\frac{9{,}7^3\cdot 48}{12}=3280$ $м^4$

Продолжение табл.

№ п/п.	Элементы	Обозначения	Значения
3	Поперечный метацентр. радиус	ρ *м*	$\rho = \frac{I}{V} = \frac{3280}{200} = 16{,}4$ *м*
4	Возвышение Ц. В.	Z_c *м*	$Z_c = \frac{T}{2} = \frac{0{,}5}{2} = 0{,}25$ *м*
5	Возвышение попер. М. Ц.	Z_m *м*	$Z_m = Z_c + \rho = 16{,}4 + 0{,}25 = 16{,}6$ *м*
6	Возвышение Ц. Т. баржи	Z_g *м*	$Z_g = 1{,}4$ *м*
7	Начальная метацентр. высота	h_0 *м*	$h_0 = Z_m - Z_g = 16{,}6 - 1{,}4 = 15{,}2$ *м*
8	Площадь Г.В.Л.	S *м*^{2}	$S = 0{,}9 \cdot L \cdot B = 0{,}9 \cdot 48 \cdot 9{,}7 = 420$ *м*^{2}

Баржа в момент прохождения лодки. Вес подводной лодки со спусковым устройством был определен по нагрузке $P = 180$ *т*. Возвышение ее центра тяжести составляло в момент прохождения порога (наружный борт баржи) — $Z_p = 5{,}4$ *м* от основной линии баржи. Элементы баржи при прохождении лодкой порога составляли:

№ п/п.	Элементы	Обозначения	Значения
1	Водоизмещение	D_1 *т*	$D_0 + P = 200 + 180 = 380$ *т*
2	Увеличение средн. осадки	ΔT *м*	$\Delta T = \frac{P}{S} = \frac{180}{420} = 0{,}43$ *м*
3	Возвышение Ц. Т.	Z'_g *м*	$Z'_g = \frac{D_0 \cdot Z_g + P \cdot Z_p}{D_1} = \frac{200 \cdot 1{,}4 + 180 \cdot 5{,}4}{380} = 3{,}3$ *м*
4	Возвышение Ц. В.	Z'_c *м*	$Z'_c = \frac{T'}{2} = \frac{0{,}5 + 0{,}43}{2} \cong 0{,}5$ *м*
5	Поперечный метацентр. радиус	ρ' *м*	$\rho' = \frac{I}{V'} = \frac{3280}{380} = 8{,}6$ *м*
6	Возв. попер. М. Ц.	Z'_m *м*	$Z'_m = Z'_c + \rho' = 0{,}5 + 8{,}6 = 9{,}1$ *м*
7	Начальная метацентр. высота	h'_0 *м*	$h'_0 = Z'_m - Z'_g = 9{,}1 - 3{,}3 = 5{,}8$ *м*
8	Наиб. креп. момент.	$\mathfrak{M}_{кр}$ *тм*	$\mathfrak{M}_{кр} = \frac{P \cdot B}{2} = \frac{180 \cdot 9{,}7}{2} = 870$ *тм*
9	Угол крена	tg θ	$\operatorname{tg}\theta = \frac{\mathfrak{M}_{кр}}{D_1 \cdot h'_0} = \frac{870}{380 \cdot 5{,}8} = 0{,}395$
10	Изм. осадки бортов.	$\Delta T_б$ *м*	$\Delta T_б = \pm \frac{B}{2} \operatorname{tg}\theta = \pm \frac{9{,}7 \cdot 0{,}395}{2} = \pm 1{,}9$ *м*
11	Осадка накр. борта	T_{max} *м*	$T_{max} = T + \Delta T + \Delta T_б = 0{,}5 + 0{,}43 + 1{,}9 = 2{,}83$ *м*
12	Высота порога	H_{min} *м*	$H_{min} = H - T_{max} = 3{,}2 - 2{,}83 = 0{,}37$ *м*

Элементы баржи после приема балласта. Центр тяжести принятого балласта, состоявшего из металлического лома, отстоял от основной линии на 1,6 *м*.

Общий центр тяжести всей системы имел плечо

$$Z_g = \frac{380 \cdot 3{,}3 + 100 \cdot 1{,}6}{380 + 100} = 2{,}95 \ м.$$

Метацентрический радиус получил значение:

$$\rho = \frac{I}{V} = \frac{3280}{380 + 100} = 6{,}85 \ м.$$

Возвышение центра величины:

$$Z_c = \frac{0{,}93 + 0{,}24}{2} = 0{,}60 \ м.$$

Возвышение поперечного метацентра

$$Z_m = Z_c + \rho = 0{,}6 + 6{,}85 = 7{,}45 \ м.$$

Начальная метацентрическая высота:

$$h_0 = Z_m - Z_g = 7{,}45 - 2{,}95 = 4{,}5 \ м.$$

Коэфициент остойчивости:

$$D \cdot h_0 = 480 \cdot 4{,}5 = 2160 \ т \ м \cong 2200 \ т \ м,$$

т. е. практически тот же, что был до принятия балласта.

Угол крена

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\mathfrak{M}_{кр}}{D \cdot h_0} = \frac{870}{2\,160} = 0{,}40.$$

Погружение борта при прохождении лодки через порог:

$$\Delta T_б = \Delta T_{ср} + \frac{B}{2} \operatorname{tg} \theta = 0{,}43 + \frac{9{,}7 \cdot 0{,}40}{2} = 2{,}37 \ м.$$

Минимальный надводный борт баржи после приема балласта составлял всего лишь около 1,5 *м*.

Таким образом при статическом воздействии кренящего момента палуба баржи должна была бы уйти в воду. Это обстоятельство, однако, не вызывало опасений, с одной стороны, из-за наличия на барже палубы, ширина которой от борта до колодца составляла 1,5 *м*, с другой стороны, из-за скорости движения лодки по спусковому устройству, благодаря которой баржа не успевала получить полный расчетный крен. Действительность подтвердила сделанные предположения. При спуске лодки борт баржи погрузился только до палубы.

Установка спусковых дорожек на барже была произведена с таким расчетом, чтобы центр тяжести лодки приходился на миделе баржи, а спусковые дорожки были расположены симметрично относительно центра

тяжести. При соблюдении этого можно было бы быть наиболее уверенным в отсутствии причин, вызывающих занос одной из оконечностей. Кроме того, во избежание возможности заноса, на спусковых полозьях были установлены направляющие.

Расчет реакций спускового устройства и скорости движения лодки. При движении лодки по спусковым дорожкам происходит погружение баржи, дающее приращение ее водоизмещения ΔD и вызывающее реакцию береговой опоры R. Составляя уравнение моментов относительно береговой опоры (рис. 4), имеем:

$$P \cdot x_0 = a \Delta D,$$

где $a = 5{,}0 м$ — отстояние Д. П. баржи от точки опоры, x_0 — абсцисса Ц. Т. лодки, считая от этой точки.

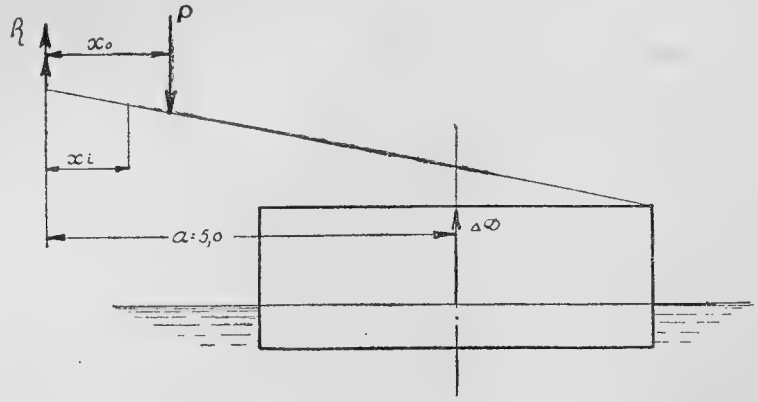


Рис. 4.

Отсюда

$$\Delta D = \frac{P \cdot x_0}{a}$$

или, подставляя $P = 180$ *т* и $a = 5$ *м*, получим

$$\Delta D = \frac{180 \cdot x_0}{5} = 36\ x_0.$$

Реакция R в точке опоры будет $R = P - \Delta D = 180 - 36x_0$. Эта реакция изгибает спусковые дорожки, которые работают, как балки, заделанные в районе спусковых полозьев, изгибаемые сосредоточенной силой R, приложенной к концу балки.

Изгибающий момент в точке с абсциссой x_i будет

$$M_i = R \cdot x_i = (180 - 36x_0)\ x_i.$$

Наибольший изгибающий момент имеет место в сечении у кромки спускового полоза (сечение по заделке).

Участок спусковой дорожки в районе полоза, зажатый между полозом и основанием, изгиба не испытывает. Абсцисса кромки полоза составляет $x_i = x_0 - 1{,}8$.

Изгибающий момент в этом сечении:

$$M=(180-36x_0)\ (x_0-1{,}8)$$

или, после преобразования,

$$M=-36x_0^2+245x_0-324.$$

Максимума значение M будет достигать при абсциссе x_0, определяемой выражением

$$\frac{dM}{dx_0}=0;\ +72x_0-245=0;\ x_0=\frac{245}{72}=3{,}4\ м.$$

Значение M при этом:

$$M=-36\cdot 3{,}4^2+245\cdot 3{,}4-324=94\ тм.$$

Так как дорожек имеется 8, на каждую из них приходится

$$M_1=\frac{M}{8}=\frac{94}{8}=11{,}75\ тм.$$

Реакция $R=36x_0-180=36\cdot 3{,}4-180=-57\ т.$
На каждую дорожку

$$R_1=\frac{R}{8}=-\frac{57}{8}=-7{,}12\ т.$$

Спусковые дорожки были выполнены из двух швеллеров № 24, с приваренным по нижним кромкам листом 450×8.

Момент сопротивления этого профиля (рис. 5):

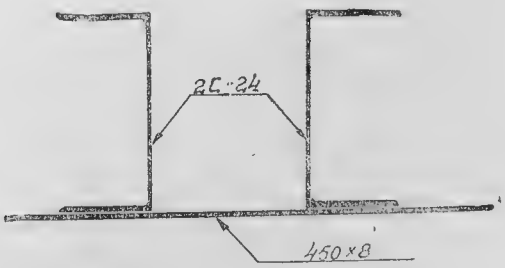


Рис. 5.

Профиль	ω см^2	x см	ωx см^3	ωx^2 см^4	i см^4
2 ⊏ 24	88,6	12	1064	12760	7545
Лист 450×8	36,0	—0,4	—14	—5	—
	124,6	—	1050	20300	

$$x_0 = \frac{1050}{124{,}6} = 8{,}4 \text{ см} \qquad x_{max} = 24 - 8{,}4 = 15{,}6 \text{ см}.$$

$$I_0 = 20300 - 1050 \cdot 8{,}4 = 11500 \text{ см}^4 \qquad W_{min} = \frac{11500}{15{,}6} = 737 \text{ см}^3.$$

Напряжение в верхних волокнах

$$\sigma_{max} = \frac{11{,}75 \cdot 10^5}{737} = 1600 \text{ атм}.$$

Жесткость балки $EI_0 = 2{,}2 \cdot 10^6 \cdot 11{,}5 \cdot 10^3 = 25{,}3 \cdot 10^9$ кг/см^2.
Прогибь

$$v_{max} = \frac{R \cdot l^3}{3EI} = \frac{R\,(x_0 - 1{,}8)^3}{3EI} = \frac{7{,}12 \cdot 10^3\,(340-180)^3}{3 \cdot 25{,}3 \cdot 10^9} = 0{,}4 \text{ см}.$$

Расчет элементов спуска при движении лодки по спусковым дорожкам. Расчет произведен путем последовательного определения всех элементов спуска через промежутки времени, равные 1 сек., в течение которых движение принималось за равномерное.

Определялись:

Реакция баржи $\Delta D = 36\ x_0$.

Увеличение средней осадки баржи

$$\Delta T_{ср} = \frac{\Delta D}{S} = \frac{36 x_0}{420} = 0{,}086 x_0.$$

Изменение уклона спусковой линии до прохождения Ц.Т. лодки Д.П. баржи определится

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta T_{ср}}{a},$$

где $a = 5$ м есть отстояние Д. П. баржи от опоры

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta T_{ср}}{a} = \frac{0{,}086\, x_0}{5} = 0{,}0172\, x_0.$$

Изменение уклона спусковой линии после прохождения Ц.Т. лодки Д.П. баржи определится

$$\Delta\alpha' = \frac{P\,(x - a)}{D \cdot h_0},$$

где Dh_0 — коэфициент остойчивости баржи с лодкой, P — вес лодки, и тогда

$$\Delta\alpha' = \frac{180\,(x-5)}{2200} = 0{,}082x - 0{,}42.$$

Ускорение движения: $\omega = (\sin\alpha - f\cos\alpha) \cdot g$.

Коэфициент трения был принят в состоянии покоя $f = 0{,}1$, в движении 0,07.

И тогда в состоянии покоя

$$\omega = (\sin\alpha - 0{;}1\ \cos\alpha)\ 9{,}81,$$

в движении

$$\omega = (\sin\alpha - 0{,}07\ \cos\alpha)\ 9{,}81.$$

Путь, пройденный за промежуток времени $\Delta t = 1$ сек.,

$$x_i = \frac{v_{i-1} + v_i}{2} = \frac{2v_{i-1} + \omega_i}{2} = v_i + \frac{\omega_i}{2}.$$

Весь расчет выполнен в табличной форме

Промежуток времени сек.	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5
Уклон α	0,17	0,176	0,196	0,236	0,371
$\sin\alpha$	0,168	0,174	0,192	0,230	0,348
$\cos\alpha$	0,99	0,985	0,980	0,770	0,937
$\omega = (\sin - f\cos\alpha)\,g$	0,68 *м/сек*²	1,00 *м/сек*²	1,21 *м/сек*²	1,59 *м/сек*²	2,76 *м/сек*²
$v = v_{i-1} + \omega$	0,68 *м/сек*	1,71 *м/сек*	2,92 *м/сек*	4,51 *м/сек*	7,27 *м/сек*
$x_i = x_{i-1} + \frac{v_{i-1}+v_i}{2}$	0,34 *м*	1,54 *м*	3,83 *м*	7,58 *м*	15,0 *м*
$\Delta D = 36x_i$	12 *m*	55 *m*	139 *m*	—	—
$\Delta\alpha_i = 0{,}172x_i$	0,0059	0,0265	0,066	—	—
$\Delta\alpha'_i = 0{,}082x_i - 0{,}42$	—	—	—	0,201	—
$\alpha_i = 0{,}17 + \Delta\alpha_i$	0,176	0,196	0,236	0,371	

Лодка должна пройти порог на пятой секунде с начала своего движения.

В действительности коэфициент трения составлял, как показало испытание модели, в состоянии покоя около 0,07. Крен лодки при падении в воду был около 70°. Время спуска 4—5 сек.

V. КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ СПУСКОВЫХ УСТРОЙСТВ

Одним из основных условий, положенных в основу проектирования, было применение наиболее легких для осуществления конструкций. Крайний недостаток рабочей силы на заводе, занятость другими срочными заказами не позволяли заводу выделить для спуска лодки своих рабочих. Почти все работы по спуску велись личным составом лодки (командир капитан-лейтенант Эпштейн, командир БЧ-V ст. техник-лейтенант Семенов).

Завод им. А. А. Жданова выполнял только работы, связанные с обработкой стали, сварочные работы и такелажные работы при спуске и осуществлял общее руководство всеми работами.

1. Устройство для передвижки. Передвижка лодки (рис. 2 и 6) была произведена по семи дорожкам. Каждая дорожка состояла из двух брусьев 200×200 *мм*, лежавших на деревянных шпалах, уложенных непосредственно на грунт.

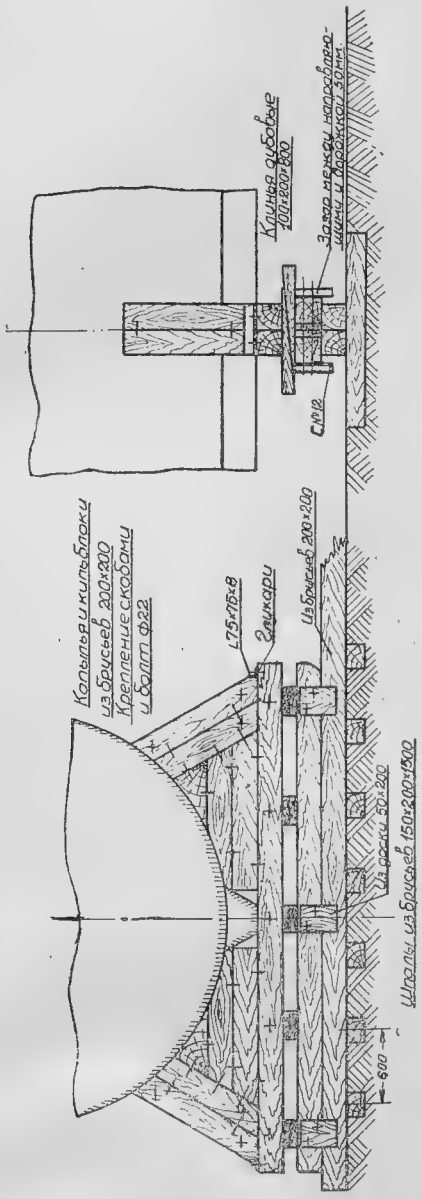


Рис. 6.

Полозья для передвижки были сделаны из двух брусьев того же размера. Длина каждого полоза была около 4 *м*. Кильблоки под лодкой были выполнены из таких же брусьев, соединенных между собой железными скобами и деревянными оглоблями из двухдюймовых досок. Для посадки лодки на передвижные полозья и для возможности их уборки при передаче веса лодки на спусковые полозья были установлены дубовые подбивные клинья.

Передвижка производилась четырьмя пятитонными домкратами. Для более легкой передвижки дорожки были насалены старой насалкой, оставшейся от прежних спусков.

2. Спусковые дорожки. Спусковые дорожки (рис. 7 и 8) были выполнены из двух швеллеров № 24, между которыми был заложен деревянный брус сечением 200×200. В районе от берегового упора до Д.П. баржи по нижним кромкам швеллеров для усиления профиля была приварена полоса 450×8 *м*. Сверху дорожки были обшиты строганными сосновыми досками толщиной 50 *мм*.

На береговом конце дорожек были устроены упоры для закладки домкратов на случай необходимости принудительного сталкивания лодки. На четырех дорожках были установлены спусковые курки. Общая длина каждой спусковой дорожки около 13,5 *м*. Ширина дорожек по 0,4 *м*.

Количество спусковых дорожек — восемь.

Спусковые дорожки были оперты на установленные на стенке клетки, на деревянные упоры, опирающиеся на выступ бетонной набережной, и на установленные на барже брусья, поддерживаемые вертикальными стойками, передающими нагрузку на прочные связи корпуса баржи. Так

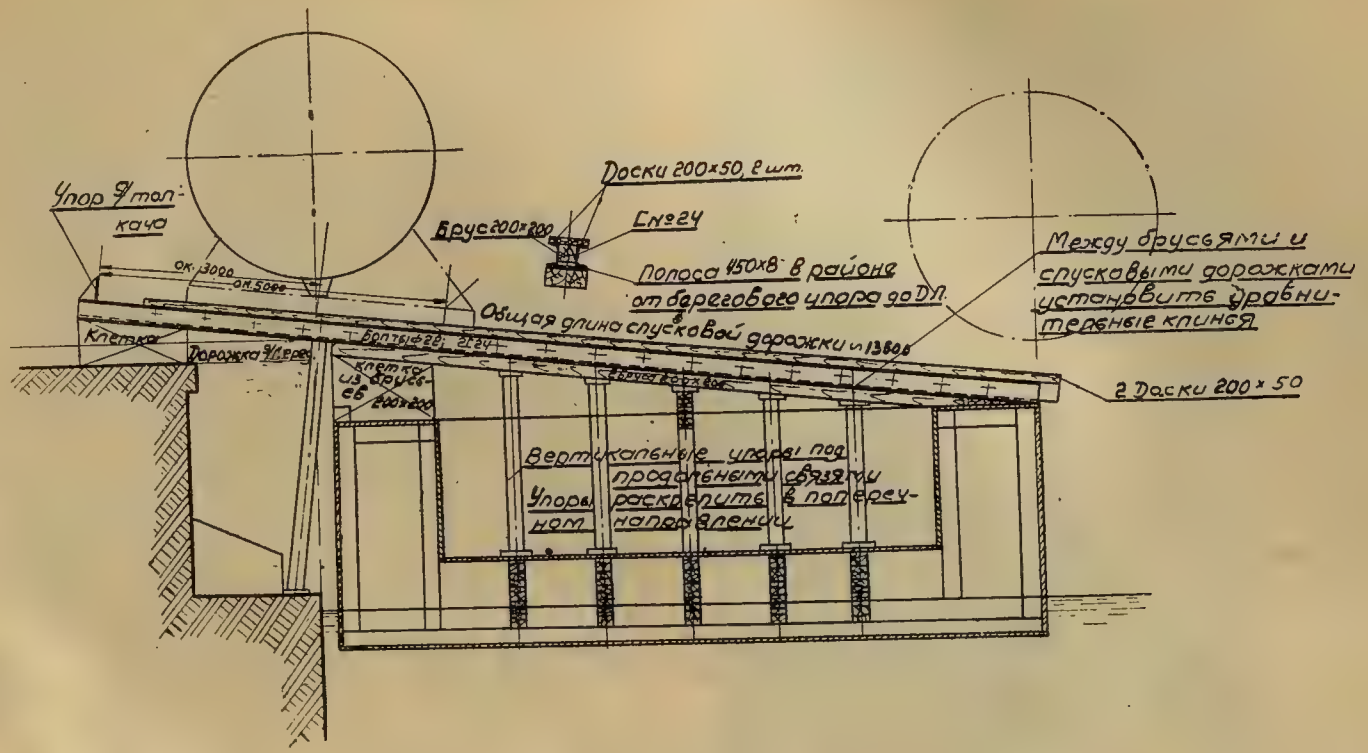

Упор 9 тол-
кача
Доски 200×50, 2 шт.
Брус 200×200
Сн №24
Полоса 450×8 в районе
от берегового упора до ДП.
Между брусьями и
спусковыми дорожками
установите дубни-
тельные клинья
ок. 3000
ок. 5000
Общая длина спусковой дорожки ≈ 13800
Клетка
Дорожка 9 Упор
Брус 200×200
Клетка из брусьев 200×200
2 Доски 200×50
Вертикальные упоры под
продольными связями
Упоры раскрепите в поперечном
направлении

Рис. 7.

как уровень воды в бассейне имел резкие колебания, в зависимости от силы и направления ветра, окончательная пригонка спусковых дорожек была произведена только в день спуска. Для возможности точной подгонки между дорожками и верхним брусом, уложенным в барже на стойки, был оставлен промежуток для забивки уравнительных клиньев.

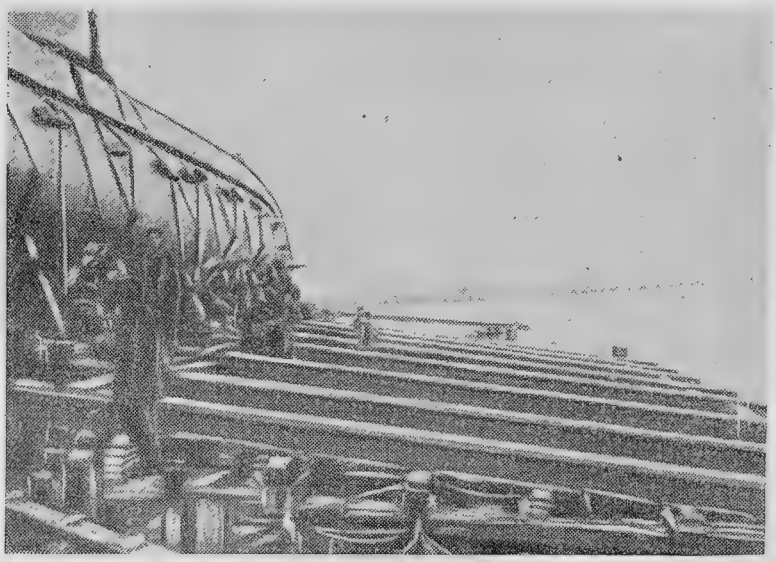


Рис. 8.

Все стойки на барже были выполнены из брусьев 200×200 *мм*, береговые упоры из бревен диаметром 300 *мм*.

Для предотвращения соскальзывания дорожек по уклону, на концах их, опирающихся на береговые клетки, были сделаны упоры, входящие в клетки. Возможность сдвига клеток была устранена углублением их в грунт и опорой о бетонную стенку. Все брусья, составлявшие клетки, были скреплены между собой железными скобами.

Была предусмотрена возможность выхода упоров из клеток вверх при подъеме береговых концов дорожек при крене баржи после прохождения лодкой диаметральной плоскости баржи.

Перед спуском дорожки были насалены. Для составления насалки пришлось подбирать те материалы, которые находились в распоряжении завода. Для проверки качества насалки и определения коэфициента трения была сделана специальная модель, состоявшая из деревянного ящика на полозьях и двух дорожек, уклон которых можно было менять с помощью двух домкратов, на которые опирались концы дорожек. Ящик загружался таким количеством балласта, чтобы удельное давление на дорожки равнялось тому, которое должно было быть при спуске лодки. После насалки дорожек модели на них своими полозьями устанавливался ящик. Концы дорожек поднимались домкратами до тех пор, пока ящик не начинал скользить. Уклон дорожек, соответствующий началу движения, измерялся.

Окончательно был принят следующий состав насалки.

Первый слой толщиной около 3 *мм*—петролетума 80%, парафина 20%; второй слой толщиной около 3 *мм* — технического вазелина 45%, парафина 45%, веретенного масла 10%.

Насалка производилась в горячем состоянии.

После насалки дорожки смазывались легким слоем веретенного масла и зеленого мыла.

Коэфициент трения в состоянии покоя, определенный на модели, при удельном давлении 1,5 *атм*, составил 0,07.

3. Спусковые полозья (рис. 9). Спусковые полозья были выполнены из двух сосновых брусьев 200×200 *мм* и имели длину 4000 *мм*. Под лодкой полозья были установлены таким образом, что обращенный к берегу конец полозьев составлял 1800 *мм*, обращенный к воде — 2200 *мм*. Набор полозьев состоял из копыльев, стальных полотенец 450×5 *м*, оглобель из угловой стали и стяжек стального троса. К корпусу лодки спусковые полозья крепились найтовами стального троса.

Для предотвращения перекоса лодки при спуске и соскальзывания полозьев со спусковых дорожек по бокам полозьев были установлены направляющие из швеллеров со вставленными в них деревянными подушками. К полозьям направляющие крепились сквозными болтами. Эти же направляющие служили и упорами для спусковых курков.

Общая опорная поверхность спусковых полозьев составляла

$$S = 8 \times 4{,}0 \times 0{,}4 = 12{,}8 \ м^2$$

Удельное давление

$$p = \frac{P}{S} = \frac{180}{12{,}8} = 1{,}41 \ атм.$$

Спусковые полозья см. рис. 10, 11 и 12.

4. Стрелы, курки и задержники. Для удержания лодки на спусковых дорожках против каждого полоза были установлены деревянные стрелы, опертые о грунт и бетонную стенку. На стрелах лодка стояла с момента разборки передвижного устройства.

Для удержания лодки перед самым спуском и для быстрого освобождения ее были установлены курки (рис. 13). Курки были установлены на четырех спусковых полозьях: на первом, третьем, шестом и восьмом. Курки представляли собой установленные вертикально рычаги 2-го рода с отношением плеч 2 : 1 и были выполнены из двух коробок № 12.

Оси курков были укреплены на спусковых дорожках. К верхним концам курков были приварены обухи для крепления троса задержника. Курки и обухи были вынесены настолько, чтобы при отдаче ни курки, ни задержники не могли препятствовать движению лодки. Особое внимание было обращено на одновременную отдачу носовых и кормовых курков, так как задержка в отдаче курков одной оконечности повлекла бы за собой занос другой оконечности и могла бы вызвать катастрофу при спуске. Чтобы исключить возможность неодновременной отдачи, задержники симметричных относительно центра тяжести лодки курков, были проведены через канифас-балки и соединены один с другим с помощью пеньковых талей. Таким образом задержник первого полоза был соединен с задержником восьмого полоза, задержник третьего — с задержником шестого. Перерубив лопари соединяющих их талей, мы тем самым освобождали сразу оба курка.

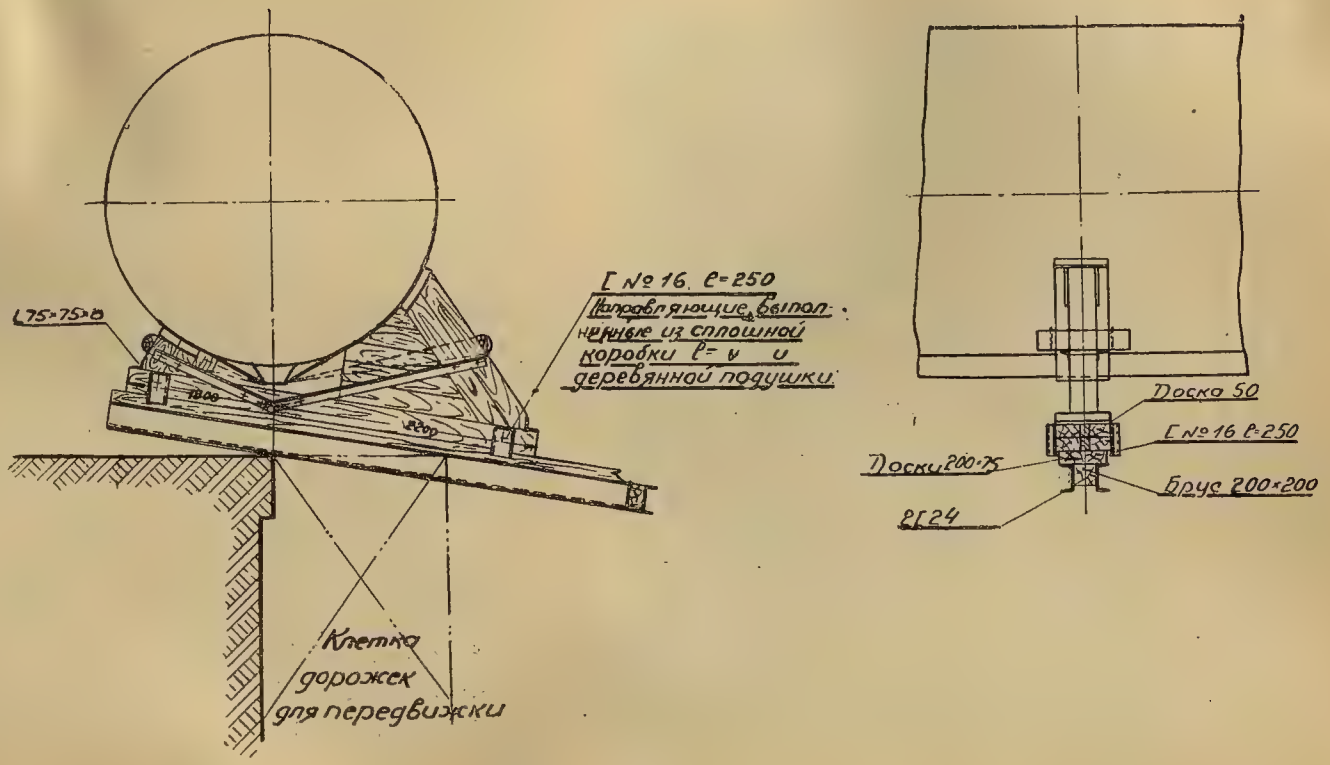

[№ 16, ℓ=250
Направляющие (выполнение из сплошной коробки ℓ= и деревянной подушки
L75×75×8
1000
2200
Клетка дорожек для передвижки
Доска 50
[№ 16 ℓ=250
Доски 200×75
Брус 200×200
ℓ[24

Рис. 9.

Задержники были выполнены из стального троса окружностью 3″, пеньковые тали — из троса 3″. Уклон спусковых дорожек был при спуске 0,20. Угол трения до начала движения 0,07.

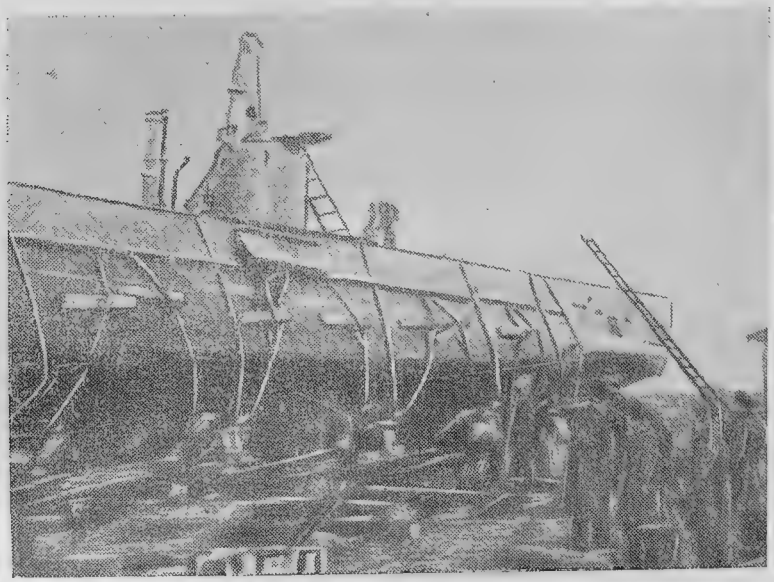


Рис. 10.

Движущая сила

$$Q = (0{,}20 - 0{,}07) \cdot P = 0{,}13 \cdot 180 = 23{,}4 \ m.$$

На каждый курок

$$\frac{Q}{4} = 5{,}85 \ m.$$

Усилие на рычаге

$$p = \frac{5{,}85}{2} = 2{,}92 \ m.$$

Усилие в тросе пеньковых талей:

$$p_1 = \frac{p}{6} = \frac{2{,}92}{6} \cong 0{,}5 \ m.$$

Разрывное усилие 3″ стального троса около 24 m.
Разрывное усилие 3″ пенькового троса коло 3 m.
Запас прочности стального задержника ~ 8.
Запас прочности пеньковых талей ~ 6.

VI. ПРОИЗВОДСТВО СПУСКА

Спуск лодки на воду был произведен 23 октября в 18 час.

Перед спуском все чувствительные приборы с лодки были сняты, аккумуляторы вынуты.

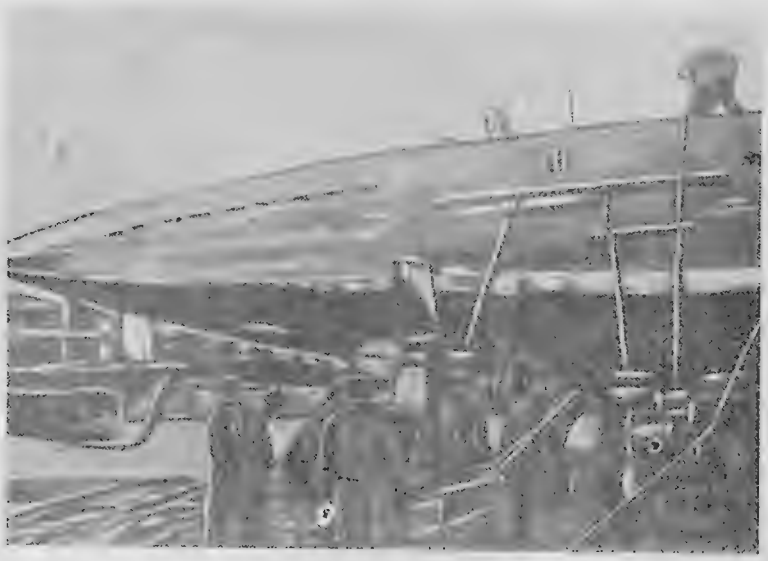


Рис. 11.

Рис. 12.

Вес их был компенсирован принятием твердого балласта. Главные механизмы были раскреплены распорками. Все отверстия в прочном корпусе были заглушены и лодка подготовлена к погружению.

Передвижка лодки была произведена с помощью четырех пятитонных винтовых домкратов.

После окончания передвижки были подбиты клинья спусковых полозьев, окончательно установлены спусковые дорожки, поставлены стрелы, проверены курки, вооружены задержники, набиты пеньковые тали, установлены пневматические толкачи. Еще раз было осмотрено и проверено все устройство. Уклон спусковых дорожек составлял 0,20. Надводный борт баржи 1,45 *м*. На спусковые дорожки был нанесен последний слой мыла с веретенным маслом. Были разобраны передвижные полозья. Некоторые полозья были настолько сдавлены, что выбить их кувалдами и романами оказалось невозможно и пришлось прибегнуть к их вырубке. По команде „убрать стрелы!“ все стрелы были выбиты, и лодка осталась на одних курках.

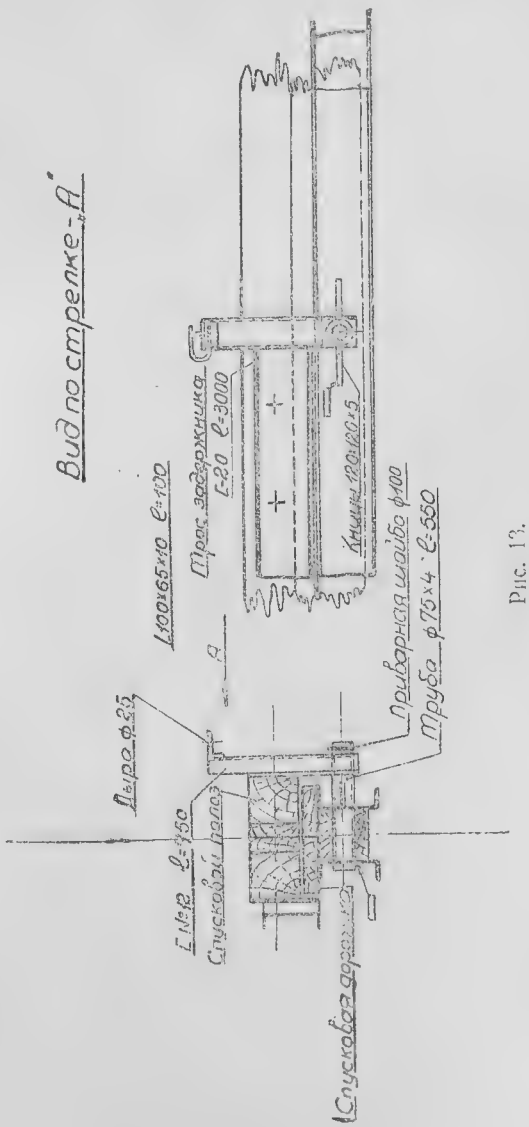


Рис. 13.

Лодка после снятия стрел обнаружила равномерное движение по всем полозьям на 1 *см*, стала „проситься в воду“. Нажима толчками не требовалось. По команде „руби средние задержники!“ были перерублены средние, по второй команде „руби крайние задержники!“ были перерублены крайние задержники, курки упали — и лодка, быстро развивая скорость, пошла по спусковым дорожкам. Баржа стала получать крен, спусковые дорожки отделились от стенки, борт баржи погрузился в воду до кромки палубы — и лодка соскочила с порога, получив крен до 70°. Отойдя от порога на 4– 5 *м*, лодка остановилась. Выпрямление лодки произошло почти немедленно, боковые колебания быстро затухли.

Весь спуск, начиная от начала движения до входа лодки в воду, занял около 4 секунд.

6 Зак. 8162.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АМОРТИЗАЦИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК КРАСНОЗНАМЕННОГО БАЛТИЙСКОГО ФЛОТА

В. М. ОРЕШНИКОВ
старший техник-лейтенант
И. И. КЛЮКИН
инженер

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос об установлении эффективности амортизации вспомогательных механизмов подводных лодок в целях их достаточного обесшумливания следует считать решенным.

Установлено, что правильно произведенная амортизация вспомогательных механизмов приводит к значительному уменьшению дальности слышимости этих механизмов. С другой стороны, обнаружена большая зависимость качества амортизации от качества конструкции амортизаторов и, главным образом, от качества монтажа механизмов на эластичных опорах.

В связи с этим необходимо после установки механизмов на амортизаторы производить приемочные испытания для оценки качества произведенных работ.

На подводных лодках КБФ в течение судоремонта 1942—1943 гг. выполнен большой объем амортизационных работ и авторами статьи были проведены оценочные вибрационно-акустические испытания, которые выявили ряд монтажных дефектов в установке механизмов на амортизаторы и предоставили материал для устранения этих дефектов.

В настоящей статье авторы преследуют цель изложить методику производства такого рода оценочных испытаний и на основе анализа полученных результатов перечислить обнаруженные ошибки в амортизации, которые, как показывает опыт, являются характерными не только для КБФ, но и для других флотов.

Отметим здесь, что опыт, приобретенный в этих испытаниях, использован при составлении «Технических условий на проектирование, монтаж и приемку амортизации механизмов подводных лодок», соблюдение которых должно обеспечить надлежащее качество амортизации.

Примененная при испытаниях аппаратура почти полностью соответствует переносному штатному комплекту аппаратуры флотских гидроакустических контрольных станций. В связи с этим, описанная в настоящей статье методика испытаний представляет, как нам кажется, известный интерес.

I. ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

При измерениях звуковых вибраций и подводном прослушивании использовалась следующая электроакустическая аппаратура, принадлежащая ЦНИИ-45 и НТК НКВМФ:

1. Шумомер фирмы «General Radio Co» (США) типа 759B № 940, используемый также в качестве усилителя к виброщупу и гидрофону.
2. Пьезоэлектрический виброщуп фирмы «Shure Brothers» (США) типа 61B № 7909 с интегратором № 576.
3. Опускной пьезоэлектрический широкополосный гидрофон фирмы «Atlas Werke» № 52121.
4. Электромагнитный головной телефон сопротивлением 2000 Ω.

Перечисленная в п.п. 1, 2 и 3 аппаратура является одной из наиболее совершенных типов аппаратуры для этого рода испытаний. Она обладает рядом ценных в эксплоатации качеств, главнейшими из которых являются стабильность и надежность в работе (за все время испытаний лишь однажды вышел из строя гидрофон вследствие попадания через сальник шланга воды), простота обращения с нею, быстрота приведения в рабочее состояние и т. д.

Большим преимуществом указанной аппаратуры по сравнению с аналогичной аппаратурой других типов является также ее малый вес (не превышающий в общей сложности 22—24 *кг*) и портативность, что сильно облегчает производство выездных измерений на кораблях, где работа с громоздкой аппаратурой была бы затруднительна. К недостаткам указанной аппаратуры следует отнести неравномерность частотной характеристики виброщупа. В области частот 1500—2000 *гц* последняя имеет ярко выраженные резонансные пики пьезокристалла и дна корпуса виброщупа. Поэтому при наличии в спектре шума испытуемого механизма составляющих указанной частоты виброщуп дает преувеличенные показания. В то же время виброщуп никак не реагирует на звуковые вибрации с частотой выше 3000 *гц*, лежащие в полосе, где чувствительность уха весьма велика, т. е., следовательно, в полосе, практически важной для подводного пеленгования.

С этим приходится мириться, так как более совершенных электроакустических виброметров, предназначенных для выездных измерений, в настоящее время в Англии и США, повидимому, не производится.

Частотная характеристика пьезоэлектрического гидрофона «Atlas Werke» (так же как и пьезоэлектрических гидрофонов, выпускаемых заводом № 206 НКСП) более совершенна. Она приближенно линейна в полосе частот 200—10 000 *гц*. Благодаря этому обстоятельству подводный сигнал воспроизводится подобным гидрофоном со значительно меньшими искажениями, чем гидрофонами электромагнитной или электродинамической системы (например, типа «Марс»).

Все перечисленные преимущества указанной аппаратуры позволяют рекомендовать ее для производства испытаний амортизации механизмов при приемке ее.

II. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

А. Виброщуповые испытания. При определении эффективности звукоизоляции амортизаторов виброщуп помещался попеременно на раму (установочную плиту, лапу) механизма вблизи от амортизаторов и на

фундамент также вблизи от амортизаторов. Замеры на фундаменте брались в нескольких точках вокруг амортизаторов. Результаты полученных замеров усреднялись и заносились в протокол.

Суждение о величине звукоизоляции амортизаторов давала величина «перепада» звуковых вибраций от механизма на фундамент.

Подобный способ измерения изолирующей способности амортизаторов не дает возможности определить точно величину общепринятого для оценки эффективности амортизации коэфициента передачи вибраций основанию (равного отношению величины вибраций фундамента после амортизации к величине вибраций его до амортизации) и применялся по следующим причинам.

1. Механизмы были представлены к испытаниям уже будучи смонтированными на амортизаторах, т. е. не имелось возможности замерить вибрации фундамента до амортизации.

2. Для большинства вспомогательных механизмов результаты указанного приближенного способа определения звукоизоляции амортизаторов близки к результатам точного способа. Это является следствием того, что при амортизации уравновешенных вспомогательных механизмов вибрации самых механизмов возрастают лишь в небольшой степени; поэтому уровень звуковых вибраций на корпусе амортизированного механизма не будет особенно сильно отличаться от уровня звуковых вибраций фундамента при жестком креплении механизма.

При амортизации неуравновешенных вспомогательных механизмов (компрессоры, помпы) вибрации возрастают (главным образом на низких частотах). Однако вследствие наличия в частотной характеристике пьезоэлектрического виброщупа завала на низких частотах (завал вызван действием собственной емкости кристалла) увеличение низкочастотных вибраций механизма не изменит в сильной мере показаний виброщупа. [1]

Несомненным преимуществом приближенного способа является его простота, а также возможность определения эффективности амортизации уже смонтированного механизма в любой момент времени.

Все сказанное выше позволяет рекомендовать этот способ во всех случаях испытания звукоизоляции амортизаторов под вспомогательными механизмами подводных лодок.

При испытаниях производились замеры уровня ускорений, скоростей и смещений звуковых вибраций. Однако обсуждаются лишь результаты замеров вибраций по ускорениям их. Это объясняется следующим.

1. Задачей подобного измерения является определение относительной величины шума, вызываемого вибрирующими поверхностями в окружающей их среде. Величину же этого шума характеризует именно величина уровня ускорений звуковых вибраций поверхностей.

2. Как известно, резина в лучшей степени гасит составляющие высоких частот в спектре шума механизма. Поэтому перепад на амортизаторах уровня звуковых вибраций по ускорениям их, как правило, имеет бо́льшую величину, чем по амплитудам и скоростям.

---

[1] Некоторое влияние на показания виброщупа оказывает, однако, то обстоятельство, что вибрации механизма на низких частотах неравномерны (вследствие этого виброщуп возбуждается на собственной частоте). Величина звукоизоляции амортизаторов под компрессорами и помпами оказывается поэтому в большинстве случаев несколько преувеличенной против действительной.

Действительно амплитуда ускорения какой-либо компоненты звуковых вибраций равна $a\omega^2$, где a — амплитуда компоненты, а ω — ее частота. Но поскольку в амортизаторах хорошо гасятся высокочастотные составляющие звукового спектра, величина $a\omega^2$ будет претерпевать большее относительное изменение, чем величины $a\omega$, соответствующая скорости звуковых вибраций, или a, соответствующая их амплитуде.

Бо́льшая относительная величина перепада уровня звуковых вибраций по ускорениям позволяет с большей точностью замерить разницу в величине этого перепада у амортизации отдельных механизмов.

3. Интегрирующие контура, включаемые в виброщуповой тракт при замерах уровней скорости и смещения звуковых вибраций, вводят значительное затухание. Вследствие этого, при испытаниях относительно малошумных механизмов (электроагрегатов) не всегда удается замерить уровень амплитуд (а иногда и скоростей) звуковых вибраций на фундаменте, так как он не превышает уровня помех от микрофонного шума ламп усилителя (25—30 децибел).

4. Во многих случаях при измерениях получаются значительные расхождения между величинами перепада уровня звуковых вибраций по ускорениям, скоростям и амплитудам. Можно предположить, что здесь играет роль, помимо наличия местных вибраций частей фундамента на различных частотах, также отмеченное в разделе «Измерительная аппаратура» несовершенство частотной характеристики виброщупа в полосе частот 1000—2000 *гц*. Это обстоятельство, в сочетании с указанным выше свойством резины гасить в лучшей степени звуки высоких частот, обусловливает пестроту показаний (поскольку величина перепада уровня звуковых вибраций по ускорениям и скоростям, как известно, зависима от частоты вибраций).

Вместе с тем, замечено, что в наилучшем соответствии с результатами подводного прослушивания находятся результаты замеров перепада уровня ускорения звуковых вибраций. Вследствие всех перечисленных причин и надлежит при оценке эффективности амортизации иметь в виду величины перепада уровня звуковых вибраций именно по ускорениям их.

Для простоты, а также в соответствии с законом слухового восприятия звука, уровни ускорения звуковых вибраций выражены не в абсолютных единицах, а в относительных логарифмических единицах, получающихся при непосредственном отсчете по прибору усилителя. Эти единицы, однако, в данном случае не являются истинными децибелами, так как не существует одинакового для всех частот порога слышимости уха по ускорениям, от которого можно было бы отсчитывать децибелы. Для того чтобы не пользоваться другими наименованиями (децибригги), за ними условно оставлено наименование децибел.

При оценке эффективности звукоизоляции амортизаторов по величине перепада звуковых вибраций за основу бралась следующая шкала, составленная на основе опыта обследования амортизации на СФ и КБФ:

Амортизаторы		Гибкие муфты и гибкие патрубки	
Перепад звуковых вибраций по ускорениям	Оценка	Перепад звуковых вибраций по ускорениям	Оценка
Выше 30 усл. децибел	Хорошо	Выше 15 усл. децибел	Хорошо
15—30 „ „	Удовл.	10—15 „ „	Удовл.
Ниже 15 „ „	Плохо	Ниже 10 „ „	Плохо

Приведенная шкала в значительной степени условна, так как величина перепада звуковых вибраций зависит не только от изоляции амортизаторов, но также от соотношения масс механизма и фундамента, соотношения жесткостей фундамента и амортизаторов, спектра шума механизма и других факторов. Все эти факторы, а также наличие затрудняющих амортизацию обстоятельств (неуравновешенность механизма, консольное его расположение и т. д.) учитывались при оценке амортизации и в отдельных случаях обусловливали небольшие расхождения с требованиями приведенной шкалы.

Конечным критерием оценки амортизации являлись во всех случаях результаты подводного прослушивания амортизированных механизмов.

Замеры уровня звуковых вибраций производились (в тех случаях, когда это было возможно) в трех направлениях: приблизительно нормальном к прочному корпусу, поперечном (по отношению к механизму) и осевом (также по отношению к механизму).

Результаты замеров в этих трех направлениях в большинстве случаев были близки друг к другу, хотя иногда наблюдались резкие расхождения, которые не всегда удавалось объяснить.

Помимо объективных отсчетов по прибору уровней звуковых вибраций на корпусе механизма и на фундаменте производилось прослушивание их при помощи подключаемого к усилителю телефона. Субъективное испытание подобного рода имеет большое значение, так как позволяет в лучшей степени установить особенности амортизаторов в отношении силы и характера передаваемого фундаменту звука.

Результаты субъективных испытаний сопоставлялись с результатами отсчета по прибору. Почти всегда имелось соответствие между результатами этих двух родов испытаний. Лишь в отдельных случаях (главным образом при малых уровнях сигнала) соответствия не наблюдалось. Это может быть объяснено особенностями частотной характеристики уха.[1]

В некоторых из подобных случаев удавалось достигнуть приближенного соответствия, если при отсчете по прибору курбель 40db—70db-Flat ставить из нормального для виброщуповых измерений положения Flat, в положение 40 db, благодаря чему получалось большее приближение частотной характеристики виброщупового тракта к частотной характеристике уха.

Попутно следует отметить, что, как выяснилось, применение для субъективных испытаний с усилителем шумомера GRC[c] электромагнитного телефона не является желательным. Из-за недостаточной чувствительности телефона этой системы при прослушивании звуковых вибраций прибор усилителя приходится держать зашкаленным, следствием чего иногда является выход прибора из строя (подобный пример имелся в практике испытаний на СФ). Большей чувствительностью обладает телефон пьезоэлектрической системы. Частотная характеристика телефона этой системы лучше характеристики телефона электромагнитной системы, что позволяет в лучшей степени установить характер прошедшего через амортизаторы звука. Вследствие указанных причин пьезоэлектрический телефон во всех случаях предпочтителен электромагнитному.

[1] Некоторую роль играет также несовершенство частотной характеристики телефона (в совокупности с отмеченным выше свойством резины амортизаторов менять состав спектра звука, передаваемого фундаменту).

Испытание звукоизоляции гибких патрубков и гибких муфт производится способом, аналогичным описанному, т. е. путем субъективного и объективного определения величины перепада звуковых вибраций на патрубке или муфте. В большинстве случаев замерялись поперечные вибрации трубопроводов, воздухопроводов и валопроводов. Перепад вибраций в направлении оси трубопроводов и воздухопроводов замерялся лишь при наличии на них фланцев.

Практика испытаний звукоизоляции амортизации позволяет в дополнение к общеизвестным правилам работы с виброщупом сделать следующие отдельные замечания по методике этих испытаний.

1. Для определения звукоизоляции амортизаторов недостаточно замерить перепад уровня звуковых вибраций с механизма на фундамент, беря замеры в произвольных точках механизма и фундамента. Испытанию должен подвергаться каждый из амортизаторов. Несмотря на то, что расстояние между ними значительно меньше длины звуковой волны (на частоте 1000 *гц* длина звуковой волны в металле имеет величину порядка 5 *м*), все же можно установить, какой именно из амортизаторов не обеспечивает достаточной звукоизоляции или имеет жесткий мостик.

2. Субъективное прослушивание звуковых вибраций должно предшествовать замерам их уровня. Прослушав все амортизаторы, можно сразу узнать, изоляция которого из амортизаторов имеет наименьшую величину и каковы особенности прошедшего через амортизаторы звука.

3. Виброщуп необходимо использовать по возможности с острым наконечником без удлинительного стержня, так как последний вносит искажения вследствие собственного резонанса и вследствие затухания в нем звуков высоких частот. Удлинительный стержень следует использовать лишь тогда, когда без него трудно подобраться к амортизаторам. В этом случае необходимо, чтобы удлинительный стержень при замерах на механизме и на фундаменте устанавливался под одним и тем же углом, так как виброщуп регистрирует составляющую вибраций в направлении оси стержня.

4. Усилитель при работе нельзя ставить на трубопроводы или механизмы, так как интенсивные их вибрации могут иметь следствием появление помех от микрофонного шума ламп. При замерах звуковых вибраций от работы компрессоров усилитель лучше держать в руках.

Б. **Замеры воздушного шума.** Замеры уровня громкости воздушного шума производились лишь в тех случаях, когда шум при работе механизма был на слух ненормально велик. Уровень интенсивности воздушного шума не замерялся.

В. **Подводное прослушивание.** В условиях Балтийского моря не имелось возможности определять дальность подводного прослушивания амортизированных механизмов. Поэтому подводное прослушивание производилось с помощью опускного гидрофона, свешиваемого с борта ПЛ в районе боевой рубки. Опыт работы показал, что при некотором навыке этим способом можно достаточно точно оценивать величину подводного шума, излучаемого работающими амортизированными механизмами. Глубина погружения гидрофона должна быть не менее 3—5 *м*, чтобы ослабить влияние преломления акустических лучей при работе механизмов, удаленных от середины лодки в нос и в корму. В некоторой степени влияние расстояния механизма от гидрофона (несмотря на малые величины расстояний) все же сказывается на точности оценки вели-

чины получаемого механизмом шума; это обстоятельство является недостатком подобного метода. Переносить же гидрофон с места на место практически неудобно. Лучшие результаты должен дать способ, при котором гидрофон опускается (также на глубину не менее 5 *м*) с борта вспомогательного судна или шлюпки, расположенной на траверзе лодки на расстоянии не менее 20 *м* от нее. Этот способ можно рекомендовать при приемке амортизации на заводах, где не имеется возможности производить определение дальности подводного прослушивания механизмов на гидроакустических контрольных станциях флотов.

При проведении подводного прослушивания соблюдались обычные для подобных случаев правила. Кабель гидрофона заземлялся во избежание весьма сильных в городских условиях наводок от силовых и трансляционных кабелей. Лодка помещалась вдали от шумящих объектов, на ней прекращались вызывающие подводный шум ремонтные работы. Следует отметить, что прослушивание в условиях р. Невы затруднялось наличием оживленного движения судов по реке (буксир, идущий на расстоянии 500—600 *м* от лодки, уже создает помехи, препятствующие прослушиванию амортизированных механизмов).

Уровень подводных помех замерялся до начала и после конца испытаний. Максимально допустимым уровнем помех для гидрофона с чувствительностью порядка 15 μV на бар (чувствительность гидрофона «Atlas Werke») следует считать величину, не превышающую 40—42 условных децибел (см. ниже § 11). При таком уровне помех отчетливо слышны звонки внутри лодки, разговоры по переговорным трубам и т. д.

Механизмы во время испытаний запускались поочередно и работали при нормальных рабочих режимах. В протоколах отмечались величины уровней сигнала над уровнем помех; записывались также субъективные замечания о характере и уровне громкости подводного шума. Субъективные испытания при подводном прослушивании весьма важны: во многих случаях уровень шума механизма не превышает уровня помех, однако благодаря характерному тембру шума механизма при работе и запуске его можно легко различить на фоне шума помех.

Величина повышения уровня шума механизма над уровнем помех выражается в относительных логарифмических единицах, получающихся при непосредственном отсчете по прибору усилителя, т. е. в децибелах, поскольку пьезоэлектрический гидрофон является приемником колебательного давления. Однако каждый из уровней (сигнала и помех) в отдельности в децибелах выражен быть не может, так как гидрофон не имеет абсолютной градуировки (данные фирмы о чувствительности гидрофона не проверены). Поэтому выражение уровня помех в децибелах будет условным.

При оценке качества амортизации по данным подводного прослушивания необходимо учитывать относительную шумность различных механизмов, что неизбежно вносит в оценку значительный элемент субъективности. Тем не менее, в большинстве случаев наблюдалось достаточное соответствие между оценкой звукоизоляции амортизации при виброщуповых испытаниях и при подводном прослушивании. В случаях расхождения между результатами этих испытаний отдавалось предпочтение результатам подводного прослушивания.

Расхождения объясняются тем, что уровень подводного шума зависит не только от степени шумности механизма, но также от того, как

и где расположен механизм (на прочном корпусе, на настилах, на переборке), и от ряда других факторов (см. § 3 этого раздела).

Кроме того источником искажений является отмеченная выше неравномерность частотной характеристики виброщупа. Благодаря этому обстоятельству у некоторых малошумных механизмов показание виброщупа превышает показание при испытании более шумных механизмов, что является следствием наличия в спектре шума первых составляющих, лежащих в области резонанса щупа.

В затруднительных случаях производилось сравнение величины подводного шума при работе амортизированных и неамортизированных однотипных механизмов. Иногда производилось также дополнительное прослушивание собственной гидроакустической установкой подводной лодки.

III. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЙ И ИСПЫТАНИЙ

При анализе результатов испытаний прежде всего обращает на себя внимание обилие плохих оценок качества амортизации. Это является средствием наличия многочисленных элементарных ошибок, допущенных при монтаже и проектировании амортизации. Наиболее часто встречаются следующие ошибки и упущения:

1. Неполная амортизация отдельных механизмов и систем механизмов.

Примерами упущений подобного рода являются:

а) установка на амортизаторы подъемников перископов при оставлении жесткого крепления к фундаменту ограничителей хода перископов;

б) установка на амортизаторы электромоторов перископных подъемников при оставлении жесткого крепления к корпусу лебедок подъемников (и наоборот);

в) установка на амортизаторы агрегатов рулей (агрегаты Вард-Леонарда, двух- и трехмашинный агрегаты) при оставлении жесткого крепления к фундаменту моторов — исполнителей рулей;

г) установка на амортизаторы моторов исполнителей рулей при оставлении жесткого крепления к фундаменту угловых передач и рулей ручного привода.

2. Наличие жестких связей амортизированных механизмов с фундаментом и окружающими.

Примеры такого рода упущений довольно многочисленны:

а) жесткое крепление трубопроводов к амортизированным масляным трюмным, диферентным помпам;

б) жесткое крепление воздухопроводов к амортизированным электровентиляторам;

в) установка на амортизаторы электромоторов вентиляторов при оставлении жесткой связи улиток вентиляторов с фундаментом (наблюдается главным образом у воздухоохладителей главных электромоторов);

г) жесткое крепление рулевых и ручных приводов к амортизированным моторам—исполнителям рулей;

д) жесткие связи, вводимые для устранения вибраций и увеличения «устойчивости» амортизированных механизмов (см. Результаты испытаний подъемника командирского перископа на подводной лодке «К-56», где имеется жесткая связь амортизированного механизма с фундамен-

25875с
6.III.44

том посредством дополнительных угольников, приваренных к установочной плите подъемника и к флорам).

3. Наличие жестких мостиков между изолируемыми деталями в амортизаторах. Особенно часто это явление наблюдается в амортизаторах, стяжной болт которых проходит через отверстие в установочной плите (раме). В некоторых случаях механизм просто висит на стяжных болтах.

4. Недостаточные зазоры между амортизированным механизмом и соседними механизмами, оборудованием, частями фундамента и корпусного набора. Во многих случаях зазоры отсутствуют совсем, и механизм отдельными своими частями прилегает к шпангоутам, угольникам настила, проходящим мимо трубопроводам и т. д.

5. Значительный перетяг изолирующих прокладок, вызывающий сильное увеличение жесткости амортизаторов (к аналогичному результату приводит также чрезмерное ограничение резины обоймами и планками).

6. Недостаточная толщина изолирующих прокладок амортизаторов (иногда менее 10 *мм*), недостаточная длина гибких патрубков на трубопроводах и воздухопроводах.

7. Жесткий подвод кабелей к механизмам, крепление к ним кабельных панелей и трубок.

8. Отсутствие перемычки заземления у амортизированных электроагрегатов.

Все эти недостатки во многих случаях влекут к значительному ухудшению защитного и изолирующего действия амортизации. В отдельных же случаях наличие некоторых из указанных недостатков даже увеличивает возможность повреждения механизмов при подводных взрывах по сравнению со случаем жесткого крепления механизмов, и, естественно, дискредитирует идею амортизации (например при наличии малых зазоров между частями амортизированного механизма и фундамента возможность повреждения корпуса механизма при подводных взрывах увеличивается); это является следствием возможности жесткого удара из-за перемещения механизма, которое при наличии амортизаторов имеет бóльшую величину, чем при жестком креплении механизма.

Работы по амортизации механизмов весьма дорогостоящи, и безусловно нельзя допустить в кампанию предстоящего зимнего судоремонта на всех флотах повторение допущенных на КБФ ошибок.

Большую роль в улучшении качества амортизации должны сыграть «Технические условия на проектирование, монтаж и приемку амортизации вспомогательных механизмов подводных лодок». Проектировщики и монтажники, а также представители КПА УК ВМФ на заводах и в КБ должны в своей работе строго придерживаться требований ТУ и не допускать их нарушения.

Библиотека УБП ВМС
ИНВ. № 1664с
«___» 19 5 0г.